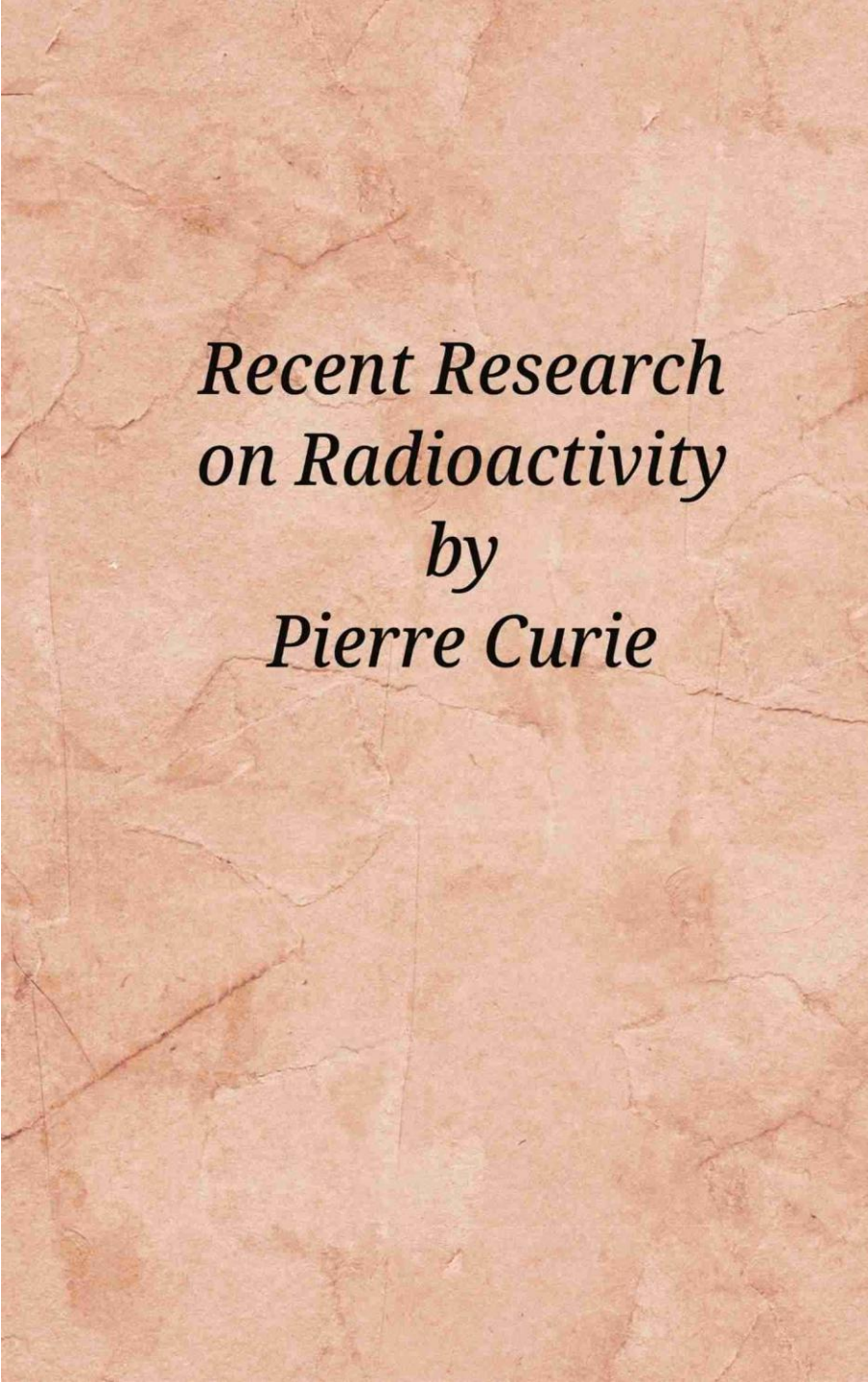


Недавние исследования радиоактивности

Пьер Кюри



*Recent Research
on Radioactivity
by
Pierre Curie*

Электронная книга проекта "Гутенберг", посвященная недавним исследованиям радиоактивности

Эта электронная книга предназначена для использования любым человеком в любой точке Соединенных Штатов и большинства других частей мира бесплатно и практически без каких-либо ограничений. Вы можете скопировать его, раздать или повторно использовать в соответствии с условиями лицензии Project Gutenberg, прилагаемой к этой книге, или онлайн по адресу www.gutenberg.org. Если вы находитесь за пределами Соединенных Штатов, вам необходимо ознакомиться с законами страны, в которой вы находитесь, прежде чем использовать эту электронную книгу.

Название: Последние исследования радиоактивности

Автор: Пьер Кюри

Дата выхода: 24 декабря 2022 [Электронная книга № 69635]

Язык: Английский

Оригинальная публикация: Соединенные Штаты: Американское химическое общество, 1904

Кредиты: Лаура Натал Родригес (Изображения предоставлены цифровой библиотекой Hathi Trust).

*** НАЧАЛО ПРОЕКТА ЭЛЕКТРОННАЯ КНИГА ГУТЕНБЕРГА "ПОСЛЕДНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ" ***

НЕДАВНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ.

П. КЮРИ.

[Перепечатано из Американского химического журнала, том. XXXI, № 4. апрель 1904 г.]

НЕДАВНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ.[1]

П. Кюри.

С момента открытия сильнорадиоактивных веществ исследования радиоактивности получили большое развитие. Я предлагаю в этой статье дать отчет о фактическом состоянии наших знаний по этому предмету, сделав особый упор на самую последнюю работу.[2]

[1]Перевод статьи, появившейся в журнале "Химия". *Phys.*, I, 409 (1903) под редакцией Филиппа А. Гуйе, профессора химии Женевского университета. Смотрите ЭТОТ ДНЕВНИК, 31, 298 (1904).

[2]Для получения более полной информации о работе, проделанной до мая 1903 года, смотрите Диссертацию мадам Дж. Кюри. Это появилось у *Анны де Шум. et de Phys.* в 1903 и 1904 годах.

I. Радиоактивные вещества.

Лучи Беккереля. Уран и торий. — Мы называем радиоактивными такие вещества, которые способны самопроизвольно и непрерывно испускать определенные лучи, известные как лучи Беккереля. Эти лучи воздействуют на фотопластинку; они превращают газы, через которые они проходят, в электрические проводники; они могут проходить через черную бумагу и металлы. Лучи Беккереля не могут отражаться, преломляться или поляризовываться.

В 1896 году Беккерель обнаружил, что Уран и его соединения испускают эти новые лучи постоянно. Шмидт и миссис Затем Кюри обнаружили почти одновременно, что торий, соединения и радиоактивные. Излучения, испускаемые соединениями тория, сравнимы по интенсивности с излучениями соединений урана. Радиоактивность - это атомное свойство, которое сопровождает атомы урана и тория, где бы они ни были обнаружены; в соединении или смеси ее интенсивность пропорциональна количеству присутствующего металла.

Новые радиоактивные вещества. Кюри в 1898 году попыталась выяснить, были ли среди известных тогда элементов какие-либо другие, обладающие радиоактивностью; она не смогла найти ни одного вещества, дающего сколь-нибудь значительное излучение, и пришла к выводу, что радиоактивные свойства элементов по меньшей мере в 100 раз слабее, чем у урана и тория. С другой стороны, она обнаружила, что некоторые минералы, содержащие уран (смоляная обманка, хальколит и карнотит), более активны, чем металлический уран; таким образом, активность этих минералов не могла быть обусловлена исключительно ураном или другими известными элементами. Это открытие принесло новые результаты. Mme. В ходе совместного исследования мы с Кюри показали, что смоляная обманка содержит новые радиоактивные вещества, и мы предположили, что эти вещества содержат новые химические элементы.

Достоверно известны три новых сильно радиоактивных вещества: полоний, который был обнаружен в висмуте, полученном из минералов урана; радий, обнаруженный вместе с барием из того же источника, и актиний, который был обнаружен Дебьерном среди редкоземельных элементов, извлеченных из тех же минералов. Эти три вещества присутствуют в минералах урана лишь в бесконечно малых количествах, и все три обладают радиоактивностью, примерно в миллион раз превышающей радиоактивность урана или тория.

Недавно Гизель и Хофманн объявили о присутствии в минералах урана четвертого сильно радиоактивного вещества, свойства которого очень напоминают свойства свинца; из

публикаций, появившихся до настоящего времени, я не смог составить мнение относительно природы этого вещества.

Может возникнуть вопрос, является ли радиоактивность общим свойством вещества. Этот вопрос нельзя считать фактически решенным. Исследования мадам Дж. Ученые Кюри доказали, что различные известные вещества не обладают атомной радиоактивностью и на сотую долю такой высокой, как у урана или тория. С другой стороны, определенные химические реакции могут вызывать образование ионов, проводников электричества, при этом активное вещество не дает никаких признаков атомной радиоактивности. Таким образом, белый фосфор за счет своего окисления превращает окружающий воздух в проводник электричества, в то время как красный фосфор и фосфаты вовсе не радиоактивны.

Некоторые старые эксперименты Рассела, Колсона и Тенгеля показали, что определенные вещества воздействуют на фотопластинку на расстоянии. Возможно, что это явление частично связано с радиоактивностью, но это не точно. Недавняя работа Мактеннана и Бертона, Стратта и Лестера Кука приводит к предположению, что радиоактивность присуща всем телам в крайне незначительной степени. Тождество этих весьма слабых явлений с атомной радиоактивностью пока нельзя считать доказанным.

Радий.—Из всех сильно радиоактивных веществ радий - единственное, что, как было доказано, является новым элементом. Радий обладает характерным спектром, открытием и первым изучением которого мы обязаны Демарсе, и который с тех пор изучался Рунге, Прехтом и Круксом. Радий представляет собой элемент, принадлежащий после бария в ряду щелочноземельных металлов. Его атомный вес как определяется мадам. Кюри является 225.

В настоящее время радий получают из остатка, оставшегося при извлечении урана из смоляной обманки. Этот остаток содержит 2-3 дециграмма радия в тонне. Сначала из тонны осадка извлекают 10-15 килограммов радионесущей соли бария, и из нее путем фракционной кристаллизации (с хлоридом или бромидом) получают радий, причем кристаллы, образующиеся в растворе, богаче радием, чем соль, остающаяся в жидкости.

Лучистую активность соли радия можно измерять в разное время от начала кристаллизации до ее окончательной сушки на воздушной бане. Обнаружено, что активность имеет определенное начальное значение, затем она увеличивается в зависимости от времени, сначала быстро, затем все более и более медленно; она асимптотически приближается к предельному значению, которое примерно в пять раз превышает начальную активность. Затем активность остается неизменной в течение нескольких лет, если соль оставить как есть.

Полоний. — Напротив, полоний - это вещество, которое медленно теряет свою радиоактивность с момента отделения от содержащего его уранового минерала. Через несколько лет радиоактивность полония почти полностью исчезает. Следовательно, он действует как нестабильное вещество. Пока не было показано, что полоний является новым элементом, отличным от обычного висмута.

Полоний можно концентрировать путем фракционного осаждения субнитрата полония и висмута с помощью воды. Осажденная часть является наиболее активной. Можно также произвести частичное осаждение с помощью сероводорода из сильноокислого раствора в соляной кислоте. Эти методы фракционирования сложны, поскольку осадки нелегко повторно

растворяются. Марквальд сконцентрировал активность, погрузив стержень из висмута в раствор висмута и полония. На стержень был нанесен слой чрезвычайно активного металла.

Актиний.—Концентрация актиния еще сложнее, чем концентрация полония. Твердые соли, содержащие актиний, сохраняют свою радиоактивность неизменной в течение нескольких лет.

II. Излучения от радиоактивных веществ.

Сложность излучения.—Радий - это вещество, радиоактивность которого изучена наиболее полно. Теперь известно, что он испускает ряд лучей различной природы, которые можно разделить на три группы. Согласно обозначению, принятому Резерфордом, я обозначаю три группы лучей буквами α , β и γ .

Действие магнитного поля служит для их различения. В интенсивном магнитном поле α -лучи слегка отклоняются от прямого пути, и это отклонение того же рода, что и у "канальных" лучей Гольдштейна в вакуумной трубке. С другой стороны, β -лучи отклоняются подобно катодным лучам, а γ -лучи не отклоняются в сторону, а действуют подобно рентгеновским лучам.

β -лучи.— β -лучи радия, аналогичные катодным лучам, образуют гетерогенную группу. Они отличаются друг от друга силой проникновения и отклонением, вызванным магнитным полем.

Некоторые β -лучи поглощаются алюминиевой фольгой толщиной в несколько сотых миллиметра, в то время как другие проходят через несколько миллиметров свинца.

Предположим, у нас есть прямолинейный пучок лучей Беккереля, полученный с помощью частицы соли радия и экрана с отверстием в нем. Если создается однородное магнитное поле, перпендикулярное направлению движения карандаша, то β -лучи отклоняются и описывают круговые траектории в плоскости, перпендикулярной направлению магнитного поля. Лучи описанных окружностей различаются в широких пределах. Беккерель показал, что наиболее проникающие лучи имеют наименьшее отклонение и, следовательно, описывают окружности с наибольшим радиусом кривизны. Если пучку β лучей, отклоненному в сторону магнитным полем, позволить упасть на фотопластинку, то получается впечатление, представляющее собой истинный спектр, в котором различные β лучи действуют отдельно.

Предположим, что β -лучи представляют собой снаряды (электроны), отрицательно заряженные электричеством и вылетающие из радия с большой скоростью. Пусть

m

- масса снаряда,

e

его заряд,

v

его

rho

начальная

H

скорость,
кривизны его траектории,

радиус

mg

напряженность
магнитного поля, перпендикулярного начальной скорости,, - магнитная проницаемость среды.
Тогда мы имеем легко устанавливаемое соотношение

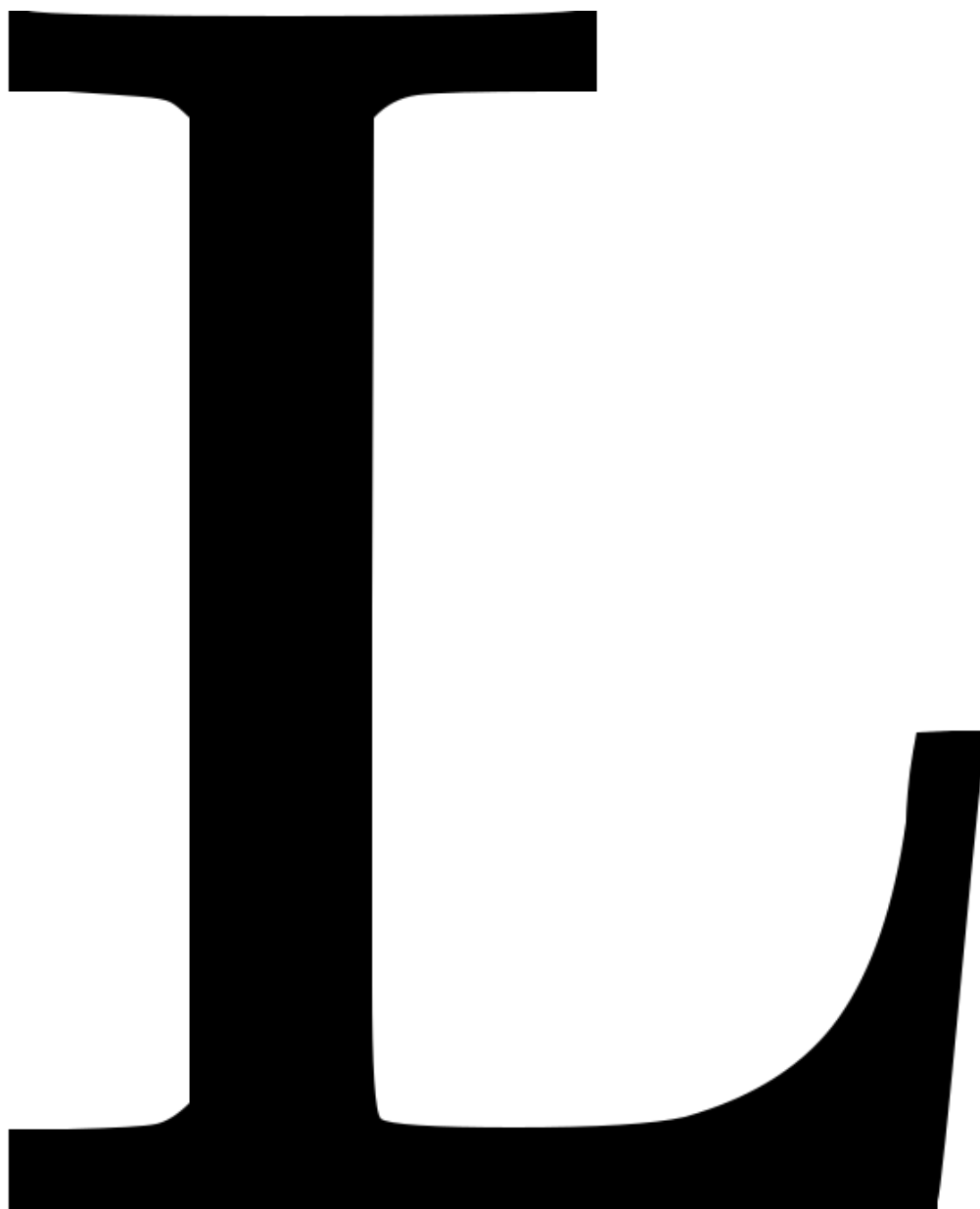
$$\mu H \rho = \frac{mv}{e} \quad (1).$$

The β -лучи также отклоняются в электрическом поле. Предположим, у нас есть прямолинейный пучок этих лучей. Если создать однородное электрическое поле, перпендикулярное начальному направлению движения карандаша, лучи отклоняются в направлении, противоположном полю, и описывают параболические траектории. Эксперимент может быть проведен путем пропускания пучка лучей между двумя параллельными металлическими пластинами, между которыми установлена разность потенциалов. Отклонение незначительно при использовании имеющихся в распоряжении средств, и работать в вакууме удобно. Воздух является проводником электричества, так что, если мы работаем на воздухе, изоляция несовершенна, и трудно поддерживать постоянную и высокую разницу потенциалов между пластинами. Наименее отклоняются в сторону наиболее проникающие β -лучи.

Действие электрического поля согласуется с ранее высказанной баллистической гипотезой. Принимая эту гипотезу, предположим, что однородное электрическое поле с напряженностью

h

и шириной



действует на
заряженный снаряд, начальная скорость которого нормальна к полю. Отклонение,

y

, конца траектории при
выезде с поля определяется формулой (2), когда отклонение незначительное.

$$\frac{hL^2}{2y} = \frac{mv^2}{e} \quad (2).$$

Из уравнений (1) и (2) можно вывести скорость

v

снарядов и отношение

e

m

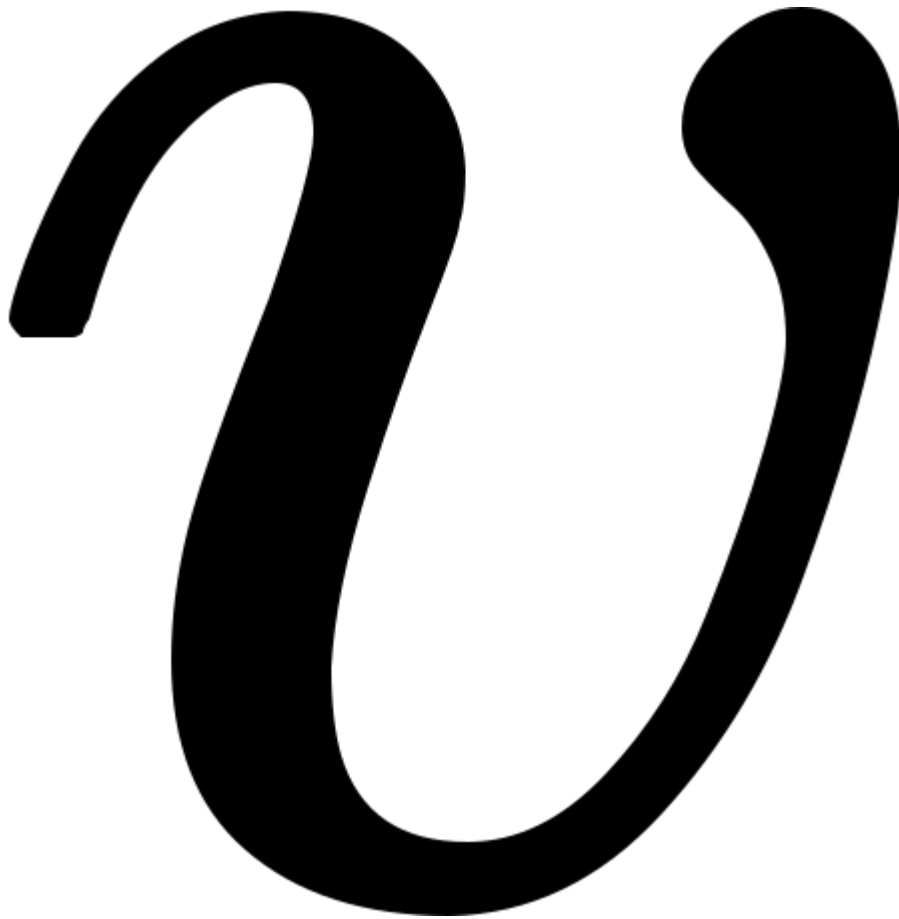
заряда к соответствующей массе.

электрического

Эксперименты Беккереля показали, что для β -лучей наибольшей интенсивности отношение

$$\frac{E}{m}$$

' приближается к



10

7 электромагнитных единиц и имеет

значение $1,6 \times 10^{10}$ см/сек. Эти значения имеют тот же порядок величины, что и для катодных лучей.

Кауфман провел точные эксперименты на ту же тему. Этот физик подвергал очень узкий пучок лучей радия одновременному воздействию магнитного и электрического полей, причем оба поля были однородными и действовали перпендикулярно основному направлению пучка. Карандаш прижимается к фотографической пластинке, расположенной перпендикулярно ее первоначальному направлению. При отсутствии двух полей отпечаток на пластинке представляет собой небольшой круглый диск, почти как точка. Когда магнитное поле действует само по себе, различные β -лучи отклоняются неодинаково, но остаются в плоскости, перпендикулярной полю, создавая на пластине отпечаток в виде прямой линии. Когда электрическое поле действует само по себе, различные β -лучи неодинаково отклоняются в плоскости, проходящей через поле, и оставляют на пластинке отпечаток, представляющий собой прямую линию, перпендикулярную предыдущей. Когда оба поля действуют одновременно, отпечаток на пластинке представляет собой кривую. Каждая точка кривой соответствует различному типу β лучей. Принимая в качестве осей координат на пластине прямые линии, полученные, когда каждое из двух полей действует отдельно, координаты каждой точки кривой представляют относительные магнитные и электрические отклонения для каждого вида лучей.

v

Ниже приведены цифры для

e

и

/

m

, полученные
Кауфманом, относящиеся к наиболее проникающим лучам радия. Я привожу для сравнения
значения, полученные Саймоном для катодных лучей.

e/m в электромагнитных единицах.

1,865 x 10⁷

e/m в электромагнитных единицах.

$1,31 \times 10^7$

$1,17 \times 10^7$

$0,97 \times 10^7$

$0,77 \times 10^7$

$0,63 \times 10^7$

Видно, что некоторые β -лучи имеют скорость, приближающуюся к скорости света. Можно понять, почему частицы, обладающие такой скоростью, должны быть способны до такой степени проникать в материю, хотя они и так малы.

e

Соотношение

/

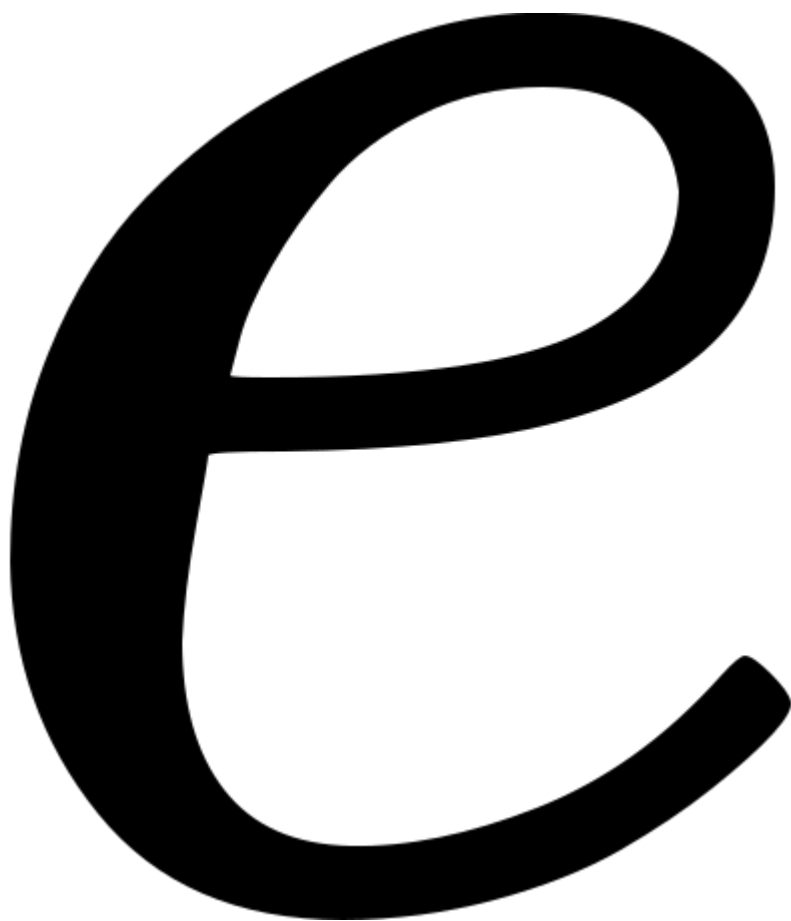
m

, по-видимому,
одинаково для лучей радия с наименьшим проникновением и катодных лучей. Дж. Дж. Томсон и
Таунсенд полагают, что все заряженные электроны, находясь в движении, обладают
одинаковым зарядом, равным тому, который переносит атом водорода при электролизе
раствора. Если это верно, то следует признать, что масса частиц увеличивается вместе с их
скоростью, когда последняя приближается к скорости света.

В случае электролиза соотношение

$$\frac{E}{m}$$

равно 9650, в то время как это же соотношение равно $1,865 \times 10^7$ для катодных лучей и менее проникающих β -лучей. Если допустить, что заряд



одинаков в обоих случаях, то можно сделать вывод, что масса электрона примерно в две тысячи раз меньше массы атома водорода.

Теоретические соображения приводят к концепции, что инерция частицы обусловлена исключительно тем, что она является движущимся зарядом, а скорость движущегося электрического заряда не изменяется без некоторого изменения энергии. Другими словами, масса заряженной частицы - это, по крайней мере частично, кажущаяся масса или электромагнитная масса. Абрахам дал формулу для расчета электромагнитной массы заряженной частицы в зависимости от ее скорости. Согласно этой формуле, масса, обусловленная электромагнитными реакциями, является постоянной для малых скоростей; она увеличивается со скоростью и приближается к бесконечности для скоростей, приближающихся к световой. Эксперименты Кауфмана согласуются с этой теорией, а также приводят к выводу, что масса электрона полностью зависит от электромагнитной природы. Эти результаты имеют большое теоретическое значение. Можно предвидеть возможность установления механики на основе динамики малых материальных центров, заряженных и находящихся в движении.

α-лучи.— *α-лучи* радия обладают очень малой проникающей способностью. Кусок алюминиевой фольги толщиной в несколько сотых миллиметра поглощает их почти полностью. Они также поглощаются воздухом и не могут проникать в воздух при атмосферном давлении на расстояние более 10 см. *А-лучи* образуют наиболее важную часть излучения радия, при условии, что мы измеряем излучение по степени ионизации, которую оно производит в воздухе.

The *α-лучи* очень слабо отклоняются самыми интенсивными магнитными и электрическими полями, и сначала считалось, что они не отклоняются под этим воздействием. Тем не менее,

независимо от действия магнитного поля, законов поглощения α -лучей наложенными экранами достаточно, чтобы четко отличать их от рентгеновских лучей. Проходя через последовательные экраны, лучи становятся все менее и менее проникающими, в то время как проникающая способность рентгеновских лучей увеличивается. Луч подобен снаряду, энергия которого уменьшается при прохождении через каждый экран. Данный экран также поглощает α -лучи в гораздо большей степени, когда он расположен на расстоянии, чем когда он расположен совсем рядом с радиом.

Стратт предположил, что эти лучи могут быть аналогичны канальным лучам вакуумных трубок. Резерфорду удалось показать действие магнитного поля на лучи и произвести предварительное измерение отклонения. Беккерель подтвердил результаты, полученные Резерфордом, и дал новое измерение явления. Де Кудр измерил электрическое и магнитное отклонение лучей в вакууме.

Из этих исследований видно, что α -лучи действуют подобно снарядам, имеющим большую скорость и заряженным электричеством. Отклонение в магнитном и электрическом полях противоположно отклонению катодных лучей.

The α -лучи образуют, по-видимому, однородную группу, все они отклоняются в одинаковой степени и, следовательно, не дают расширенного спектра, как это делают лучи. Применимы формулы (1) и (2). Согласно измерениям давления в вакууме,

$$v = 1.65 \times 10^9 \quad \text{and} \quad \frac{e}{m} = 6400.$$

Следовательно, скорость частиц в двадцать раз меньше скорости света. Если мы предположим, что заряд частицы такой же, как у атома водорода, при электролизе обнаруживается, что ее масса того же порядка величины, что и у атома водорода (отношение,

Р

т /

, равно 9650 для
водорода при электролизе). Вполне можно предположить, что эти частицы, которые больше
электронов и имеют меньшую скорость, были бы менее способны к проникновению.

Согласно экспериментам Беккереля, кривизна путиа лучей, движущихся в однородном
магнитном поле, не является постоянной при нахождении в воздухе при атмосферном
давлении. Сначала кривизна такая же, как у луча, полученного в вакууме, но она становится все
меньше и меньше по мере удаления луча от его источника. Это явление можно объяснить,
предположив, что новые частицы прикрепляются к снарядам, составляющим лучи, в то время

как последние движутся в воздухе. Эта гипотеза объясняет, почему поглощающая способность экрана для α -лучей увеличивается по мере удаления от источника излучения.

Г-лучи - это те, которые активны в очень красивых экспериментах со спинтарископом Крукса. В этом устройстве очень маленький фрагмент соли радия (доли миллиграмма) удерживается металлической нитью на небольшом расстоянии (0,5 мм) от фосфоресцирующего экрана из сульфида цинка. При рассмотрении в темноте поверхности экрана, обращенной к радия, с помощью увеличительного стекла видны светящиеся точки, разбросанные по экрану, напоминающие звездное небо. Эти светящиеся точки появляются и исчезают непрерывно. Исходя из баллистической теории, можно представить, что каждая светящаяся точка, которая появлялась и исчезала, была результатом удара снаряда. Это первый пример явления, которое позволяет отличить индивидуальное действие атома.

γ-лучи.—Лучи в точности похожи на рентгеновские. Они, по-видимому, составляют лишь небольшую часть общего излучения. Г-лучи обладают необычайной проникающей способностью и при прохождении через большинство веществ рассеиваются очень слабо.

Рассеяние лучей радия.—Предположим, у нас есть пучок лучей Беккереля, исходящий из радия и ограниченный свинцовым экраном. Если карандаш соприкасается с тонким экраном, то α -лучи поглощаются, β -лучи рассеиваются во всех направлениях, а γ -лучи частично проходят через экран в виде четко очерченного карандаша с острыми краями. Г-лучи также могут проходить через призму из толстого стекла в виде четко очерченного прямого карандаша. Был поднят вопрос, всегда ли β -лучи полностью рассеиваются, когда они проникают через сплошной экран. Эксперименты Беккереля показывают, что пучок β лучей может распространяться в парафине четко определенным образом. Беккерель использовал действие β -лучей на фотопластинку для изучения пути прохождения лучей при рассеянии магнитным полем. На отпечатках видно, что наиболее проникающие лучи проходят через 7 или 8 мм парафина без заметной диффузии, в то время как наименее проникающие лучи полностью рассеиваются после прохождения через 2 мм. Магнитное поле отклоняет β -лучи в парафине так же, как и в воздухе.

Проводимость диэлектрических жидкостей под воздействием лучей радия.—Диэлектрические жидкости становятся плохими проводниками под воздействием лучей радия. Это можно продемонстрировать на примере нефти, эфира, вазелинового масла, бензола, амилена, сероуглерода и жидкого воздуха.

Излучение других радиоактивных веществ.—Полоний испускает лишь очень слабо проникающие лучи, которые, по-видимому, идентичны α -лучам радия. Они обладают почти одинаковой проникающей способностью и одинаково отклоняются магнитным полем. Наконец, эксперимент со спинтарископом может быть проведен с α -лучами полония. Следовательно, полоний является источником α -лучей, не смешанных с другими видами лучей, что имеет ценность в определенных исследованиях. Но источник исчерпывает себя, и через несколько лет после отделения от содержащих его минералов полоний теряет свою активность.

Торий, уран и актиний, по-видимому, испускают α - и β -лучи; была показана отклоняемость β -лучей.

Электрический заряд лучей радия.—Согласно баллистической теории, α -лучи должны нести положительные электрические заряды, а β -лучи - отрицательные электрические заряды. Мм.

Кюри и я показали, что, в соответствии с теорией, β -лучи радия положительно заряжают тела, которые их поглощают. Чтобы показать это, свинцовая пластина соединена с электрометром. Свинцовая пластина полностью покрыта слоем парафина, который, в свою очередь, обернут тонкой алюминиевой фольгой, соединенной с землей. Радий, помещенный в маленькую чашечку, посылает свои лучи на защищенную таким образом свинцовую пластинку. α -лучи задерживаются внешним слоем алюминия. Часть β -лучей проходит через алюминий и парафин и поглощается свинцом, который становится заряженным отрицательно. Парафин необходим для достаточной изоляции свинцовой пластины, которую можно было бы зарядить, если бы она была окружена воздухом, поскольку лучи Беккереля делают ее проводником.

Мы также показали, что соль радия заряжается положительно, когда она покрыта изолирующим слоем, и что она испускает β -лучи снаружи, в то время как α -лучи не могут вырваться наружу.

Герметичная стеклянная колба, содержащая соль радия, самопроизвольно заряжается, как лейденская банка. Если по прошествии достаточного времени на стенке колбы сделать отметку стеклорезом, образуется искра, которая пронзает стекло в том месте, где оно было сделано тонким с помощью резака. В то же время экспериментатор ощущает легкий толчок в пальцах от прохождения разряда.

Фосфоресценция веществ под действием лучей Беккереля. Свет, испускаемый солями радия. Окрашивание веществ под действием лучей.— Излучение радия вызывает фосфоресценцию очень многих веществ: солей щелочей и щелочноземельных элементов, сульфата уранилкалия, органических веществ, хлопка, бумаги, цинхонинсульфата, кожи, стекла, кварца и т.д. Наиболее чувствительными веществами являются платиноцианид бария, виллемит (силикат цинка), сульфид цинка и алмаз. К проникающим β -лучам наиболее чувствительны виллемит и платиноцианид, в то время как к α -лучам лучше использовать фосфоресцирующий сульфид цинка.

Фосфоресцирующие вещества изменяются при длительном воздействии лучей радия. Они становятся менее возбудимыми и менее светящимися под воздействием лучей. В то же время они меняют свой цвет или становятся окрашенными. Стекло становится фиолетовым, черным или коричневым. Соли щелочей становятся желтыми, зелеными или синими. Прозрачный кварц становится дымчатым кварцем. Бесцветный топаз становится желтым, оранжевым и т.д. Стекло, окрашенное радием, термолюминесцентно. При нагревании до 500° оно излучает свет. В то же время он становится бесцветным и возвращается к своему первоначальному состоянию. Затем он способен окрашиваться заново под действием лучей радия.

Соли радия самопроизвольно светятся. Можно сказать, что они сами становятся светящимися под действием излучаемых ими лучей Беккереля. Безводный хлорид и бромид радия являются солями, которые дают наиболее интенсивное свечение. Их можно получить настолько яркими, что свет можно увидеть при полном дневном свете. Свет, излучаемый солями радия, по оттенку напоминает свет светлячка. Яркость соли радия со временем уменьшается, никогда полностью не исчезая, а те, которые сначала были бесцветными, становятся серыми, желтыми или фиолетовыми.

Физиологические эффекты лучей радия.— Лучи радия вызывают различные физиологические действия.

Соль радия, помещенная в непрозрачную коробку из картона или металла, воздействует на глаза и создает ощущение света. Чтобы получить этот результат, коробочку с радием помещают перед закрытым глазом или у виска. В этом эксперименте центр глаза становится светящимся за счет фосфоресценции под воздействием лучей радия, и источник света, который человек видит, находится в самом глазу.

Лучи радия воздействуют на эпидермис. Если мы приложим к коже на несколько минут луковицу, содержащую радий, никаких особых ощущений не возникнет. Но через пятнадцать-двадцать дней это вызывает покраснение кожи, затем шелушение в том месте, куда была приложена луковица. Если действие лучей достаточно продолжительное, в конце концов образуется рана, на заживление которой уходит несколько месяцев. Действие лучей радия аналогично действию рентгеновских лучей. Была предпринята попытка использовать это действие при лечении волчанки и рака.

Лучи радия также воздействуют на нервные центры и вызывают паралич и смерть. (Danysz.) По-видимому, они также с особой интенсивностью воздействуют на растущие ткани. (Бон.)

Применение радия при изучении атмосферного электричества.—Лучи радия также использовались при изучении атмосферного электричества (Паульсен, Витковски, Мур). Небольшое количество соли радия, помещенное на конец металлического стержня, служит точкой соприкосновения потенциала. Благодаря этому очень простому устройству мы можем избежать использования пламени или устройств для сбрасывания воды для измерения потенциала в любой точке атмосферы.

III. Тепло, выделяемое солями радия.

Соли радия постоянно выделяют тепло. Его количество достаточно для того, чтобы его можно было обнаружить с помощью грубого эксперимента с двумя обычными ртутными термометрами. Используются две идентичные теплоизолирующие вакуумные лампы. В один из них помещается стеклянная бутылка, содержащая 0,7 грамма чистого бромистого радия; во второй помещается стеклянная бутылка, содержащая какое-либо неактивное вещество, такое как хлорид бария. Температуру содержимого каждого из них показывает термометр, помещенный колбой рядом с бутылкой. Горлышки колб закрываются ватой. В этих условиях температура термометра, находящегося в той же колбе, что и радий, всегда на 3 ° выше, чем та, которую показывает другой термометр.

Количество выделяемого тепла можно оценить с помощью калориметра для льда Бунзена. Поместив в калориметр стеклянную бутылку, содержащую соль радия, обнаруживают, что происходит непрерывная подача тепла, которая прекращается, как только радий удаляется. Анализ, проведенный с использованием соли радия, которая была приготовлена задолго до этого, показывает, что каждый грамм радия выделяет 80 небольших калорий в час. Следовательно, радий выделяет достаточно тепла, чтобы каждый час плавить лед под собственным весом. Тем не менее, соль радия, по-видимому, остается в том же состоянии, и, кроме того, невозможно вызвать ни одну обычную химическую реакцию, чтобы объяснить такое непрерывное выделение тепла.

Также было показано, что недавно приготовленная соль радия выделяет относительно небольшое количество тепла. Затем тепло, выделяемое за определенное время, непрерывно увеличивается и стремится к определенному значению, которое не совсем достигается к концу месяца.

Когда соль радия растворяют в воде и раствор помещают в герметичную пробирку, количество выделяемого тепла поначалу невелико. Затем она увеличивается и имеет тенденцию становиться постоянной в конце месяца. Когда достигается этот предел, количество тепла, выделяемого радием в растворе, становится таким же, как если бы он находился в твердом состоянии.

Количество тепла, выделяемого радием при различных температурах, также можно оценить, доведя до кипения сжиженный газ и измерив объем выделяющегося газа. Эксперимент можно провести с хлористым метилом, который кипит при температуре -21° .

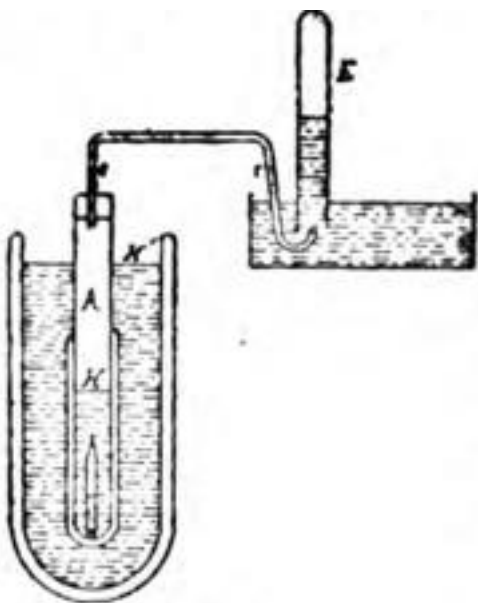
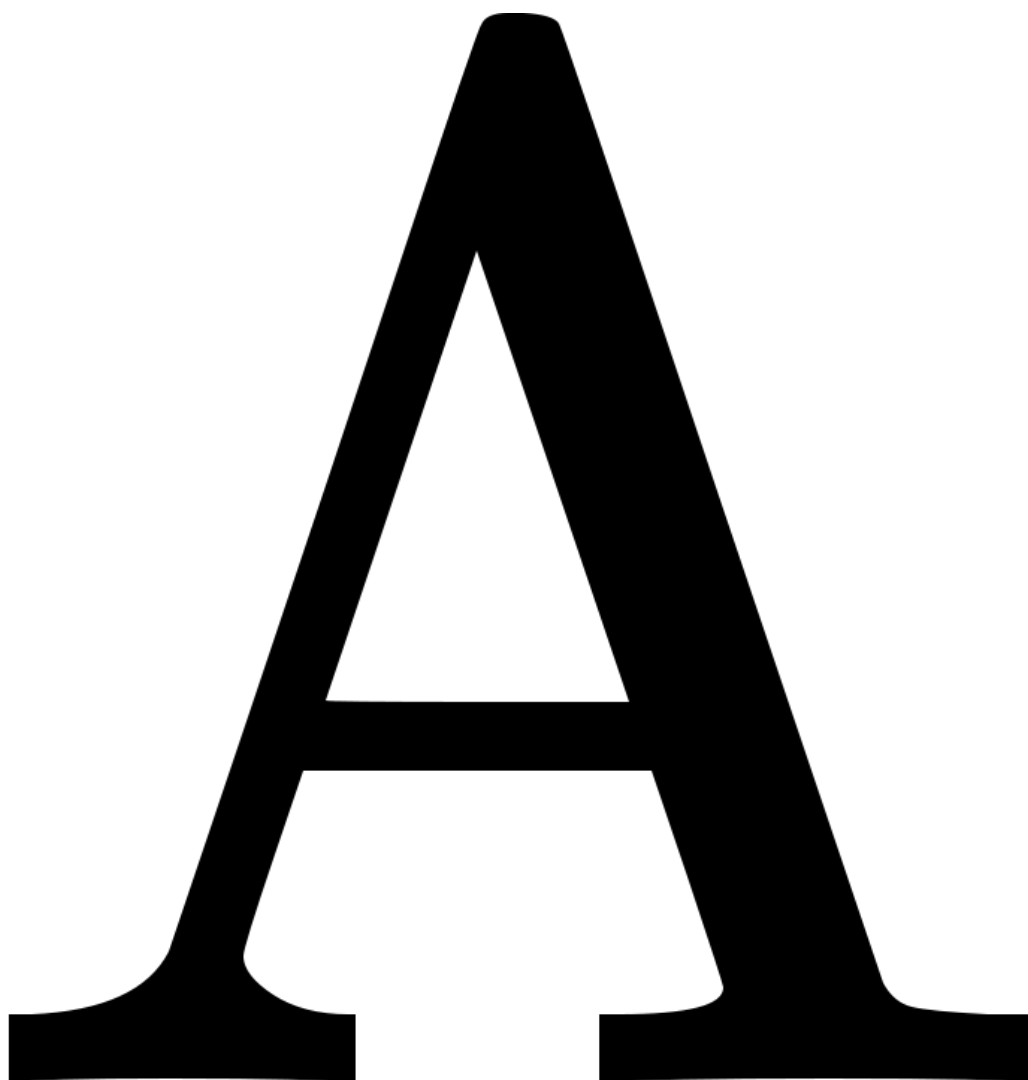


Рисунок I

Мы с Дьюаром также проводили эксперимент с жидким кислородом (-180°) и жидким водородом (-252°). Последний особенно подходит для эксперимента. Трубка,



нижнего конца и окруженная вакуумной колбой Дьюара, содержит немного жидкого водорода,

закрытая с

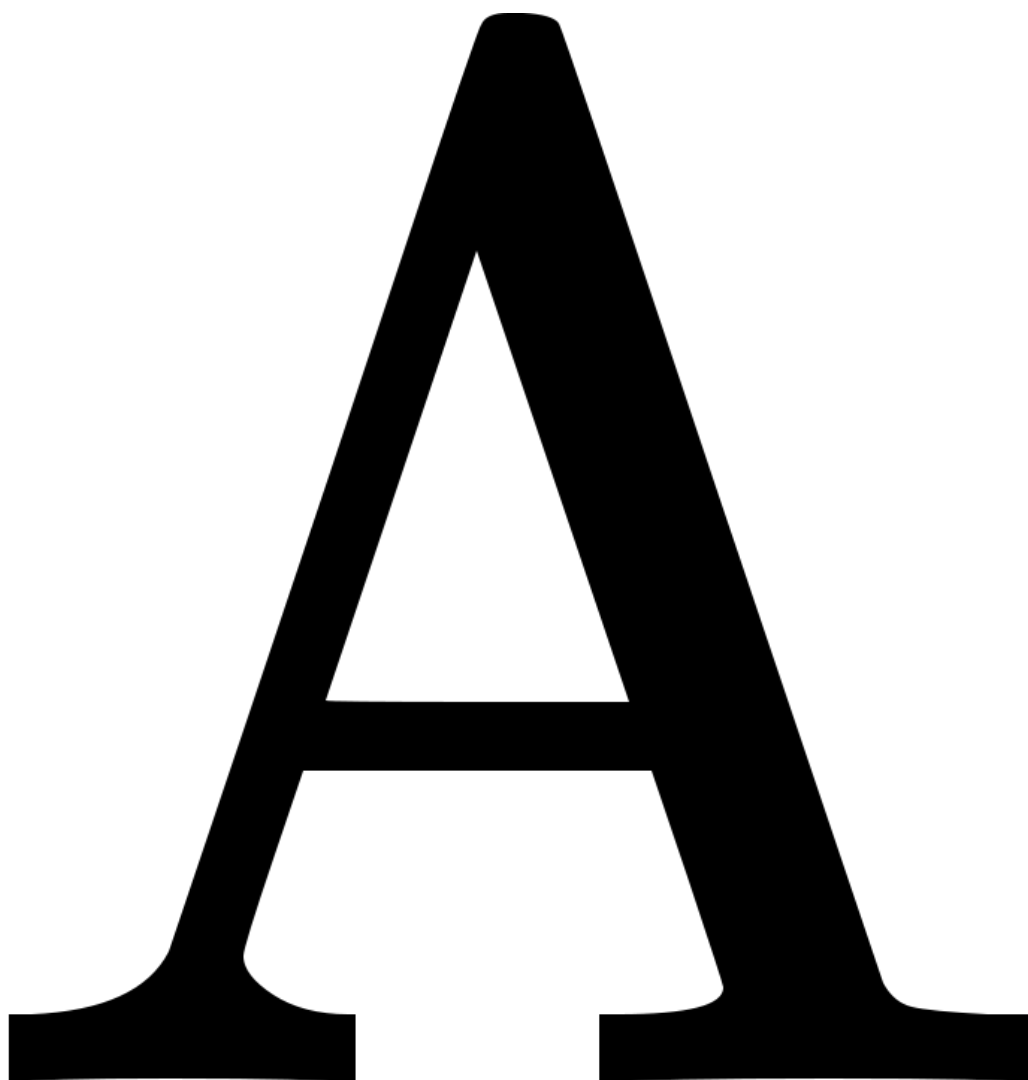


.Трубка для



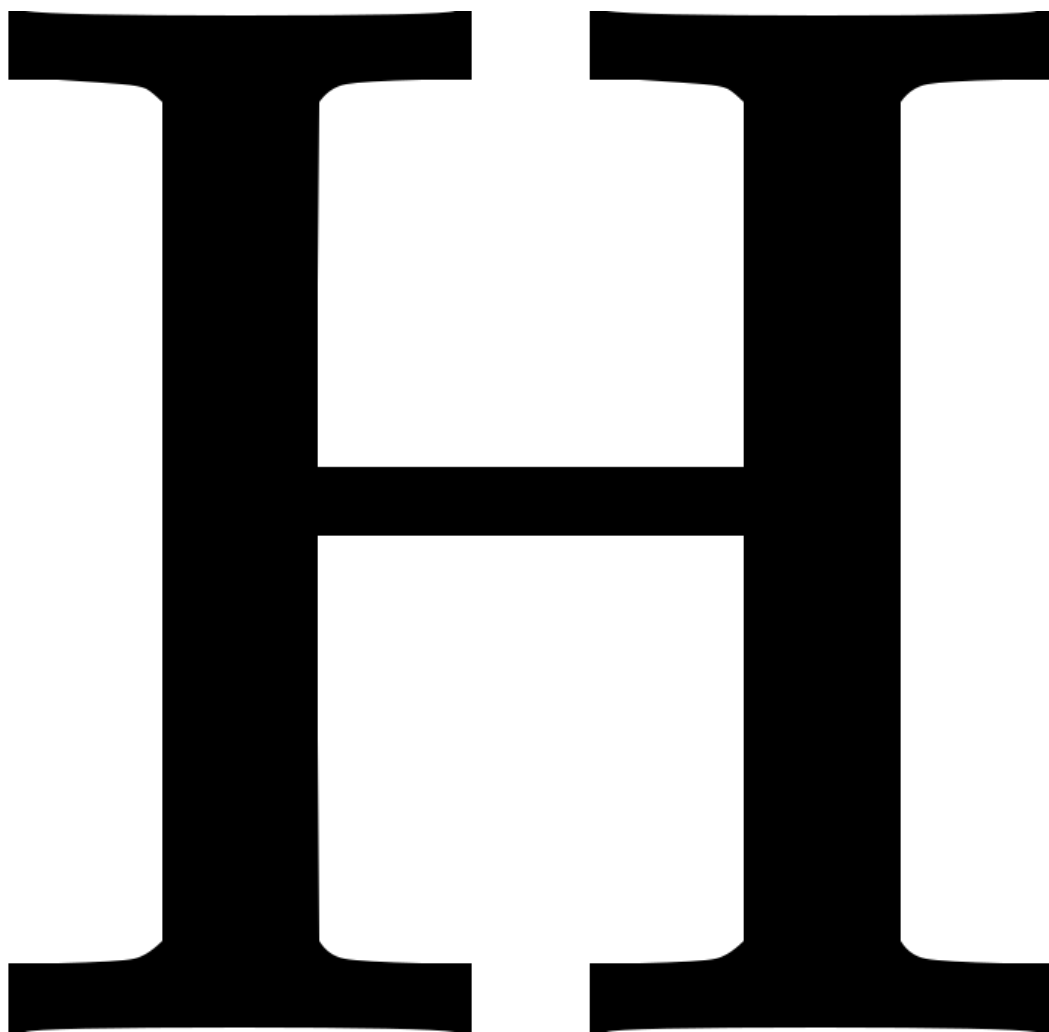
подачи,
собирать газ в градуированную трубку, заполненную водой. Трубка,

позволяет



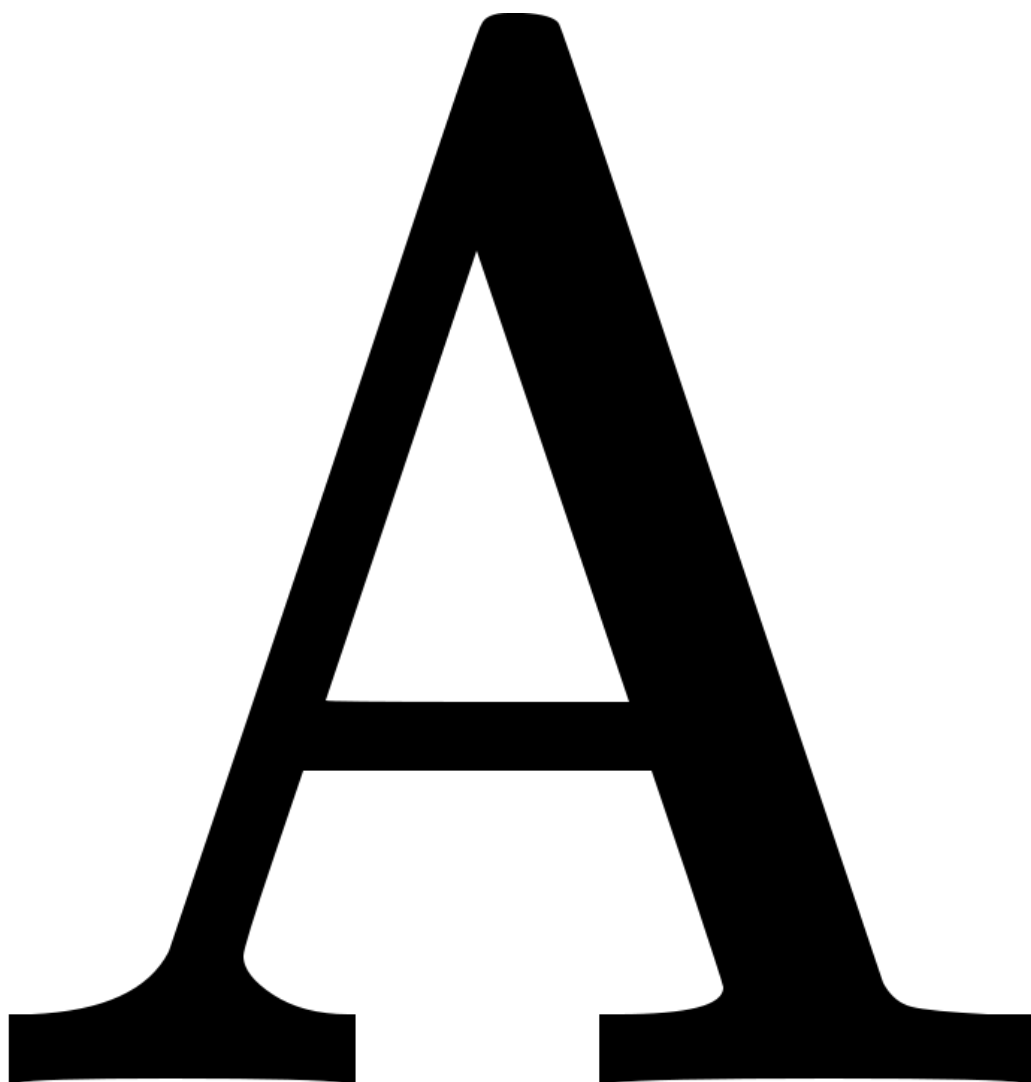
погружаются в ванну с жидким водородом,

и ее изолятор

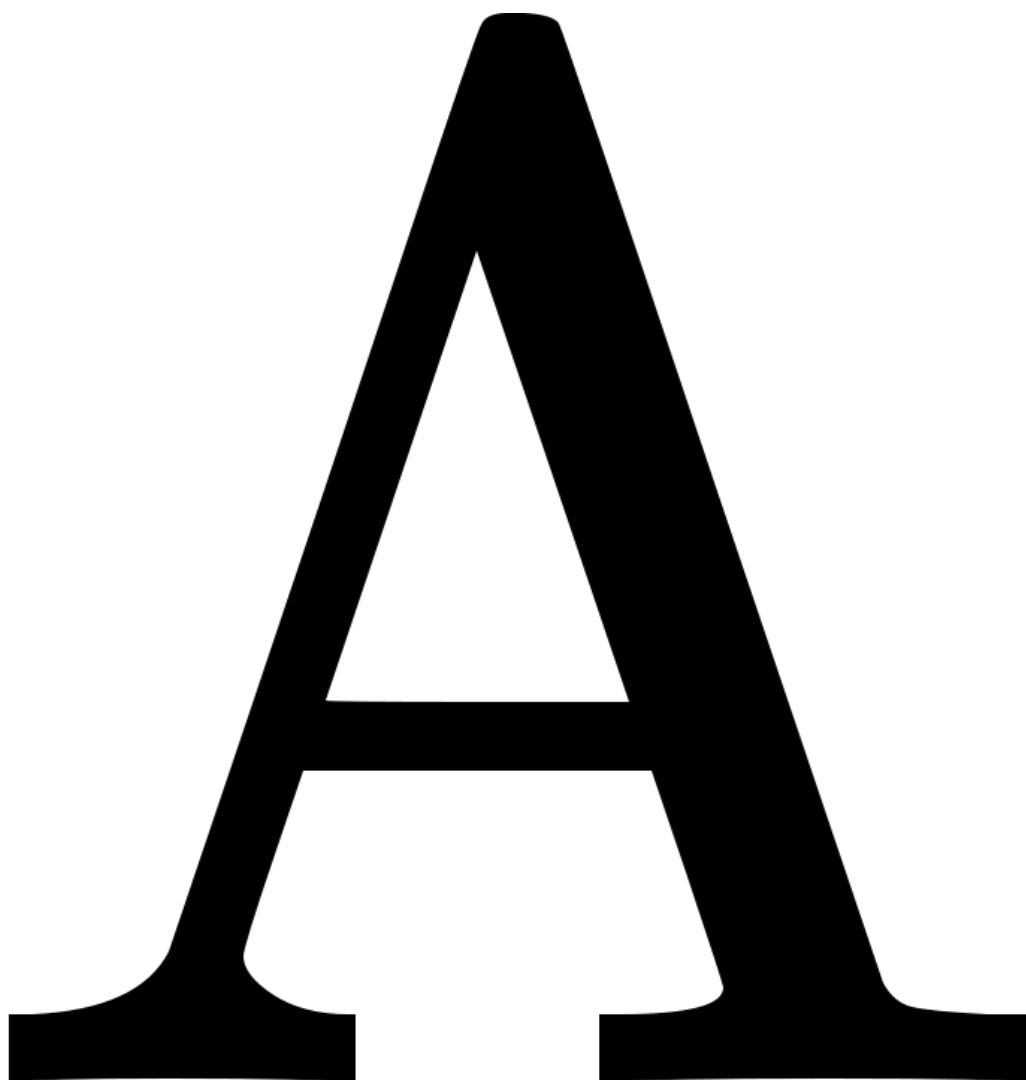


условиях в трубке не образуется газ

'. При этих



. Когда баллон,
содержащий 0,7 грамма бромистого радия, помещают в емкость с водородом



, происходит непрерывное выделение газообразного водорода, и в минуту собирается 73 куб. см газа. (Бромистый радий был изготовлен всего десять дней назад.)

IV. Индуцированная радиоактивность и радиоактивные излучения.

Индуцированная радиоактивность.—Радий, торий и актиний обладают свойством действовать вовне, помимо лучей Беккереля, которые они испускают. Они понемногу сообщают свои радиоактивные свойства веществам, находящимся по соседству, а последние, в свою очередь, испускают лучи Беккереля. Активность может передаваться газам, жидкостям и твердым телам. Это явление известно как индуцированная радиоактивность.

Индуцированная радиоактивность распространяется в газах шаг за шагом за счет своего рода проводимости и вовсе не обусловлена прямым излучением от тела, которое ее вызывает.

Когда активированное вещество удаляется из радиоактивного тела, индуцированная радиоактивность на нем сохраняется в течение определенного времени. Тем не менее, она мало-помалу уменьшается и, наконец, исчезает.

Эманация.—Чтобы объяснить эти явления, Резерфорд предполагает, что радий и торий постоянно выделяют нестабильный радиоактивный газообразный материал, который он называет эманацией. Излучение распространяется в газ, окружающий радиоактивное вещество. Оно постепенно разрушает само себя, испуская лучи Беккереля и производя другие нестабильные радиоактивные вещества, которые не являются летучими. Эти новые вещества прикрепляются к поверхности твердых тел и делают их радиоактивными.

Не выдвигая так много гипотез, мы можем принять название "эманация" для обозначения радиоактивной энергии в той форме, которую она имеет, когда распространяется в газе, окружающем радиоактивное вещество. Можно также предположить, что эта энергия исчезает при создании энергии индуцированной радиоактивности в твердых телах.

Радиоактивность, вызванная радием, и излучение от радия.—Когда твердую соль радия помещают в замкнутое пространство, заполненное воздухом, внутренние стенки замкнутого пространства и все твердые вещества в нем становятся радиоактивными. Мы можем, например, поместить внутрь помещения пластину из любого твердого материала, оставить ее там на определенное время, а затем вынуть, чтобы изучить ее активность. Обнаружено, что активность пластины сначала возрастает в зависимости от продолжительности ее пребывания в пространстве, но по прошествии достаточно длительного времени она достигает предельного значения. Когда возбужденную пластинку удаляют из помещения, она теряет свою активность по экспоненциальному закону, излучение падает до половины своего значения примерно за полчаса. Как правило, все твердые вещества при одних и тех же условиях приобретают и теряют свою активность одинаковым образом.

Явления будут намного интенсивнее (примерно в двадцать раз), если вместо твердой соли радия мы поместим его раствор в закрытое пространство в открытом сосуде.

Природа и давление газа, содержащегося в замкнутом пространстве, не оказывают влияния на наблюдаемые явления.

Индуцируемая активность в замкнутом пространстве пропорциональна количеству присутствующего радия.

Когда пространство, содержащее радий, сообщается со вторым посредством трубки, твердые частицы, содержащиеся во втором, становятся столь же активными по прошествии достаточного времени. Передача активирующего свойства может происходить даже от одного к другому через капиллярную трубку.

Когда газ, ставший активным из-за пребывания в одном пространстве, содержащем радий, попадает в другое, он в течение значительного времени сохраняет свойство превращать в радиоактивные твердые частицы те, которые соприкасаются с ним. Газ, таким образом выведенный из-под действия радия, тем не менее постепенно теряет способность вызывать радиоактивность. Он исчезает в зависимости от времени, согласно экспоненциальному закону. Каждые четыре дня он теряет половину своей стоимости.

Чтобы интерпретировать это явление, необходимо предположить, что радий непрерывно испускает постоянное радиоактивное излучение. Это излучение распространяется в воздухе в замкнутом пространстве и, воздействуя на твердые частицы, делает их радиоактивными. Когда воздух переносится в другое пространство, эманация переносится вместе с ним. Наконец, он самопроизвольно разрушается с такой скоростью, что количество излучения в газе уменьшается наполовину каждые четыре дня.

В пространстве, содержащем радий, устанавливается состояние равновесия, когда количество излучения в пространстве таково, что потеря излучения в результате его самопроизвольного разрушения точно компенсируется постоянным поступлением радия.

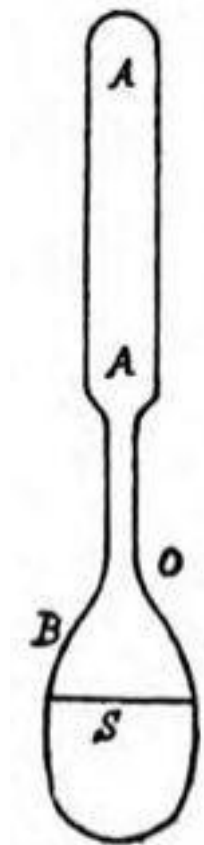
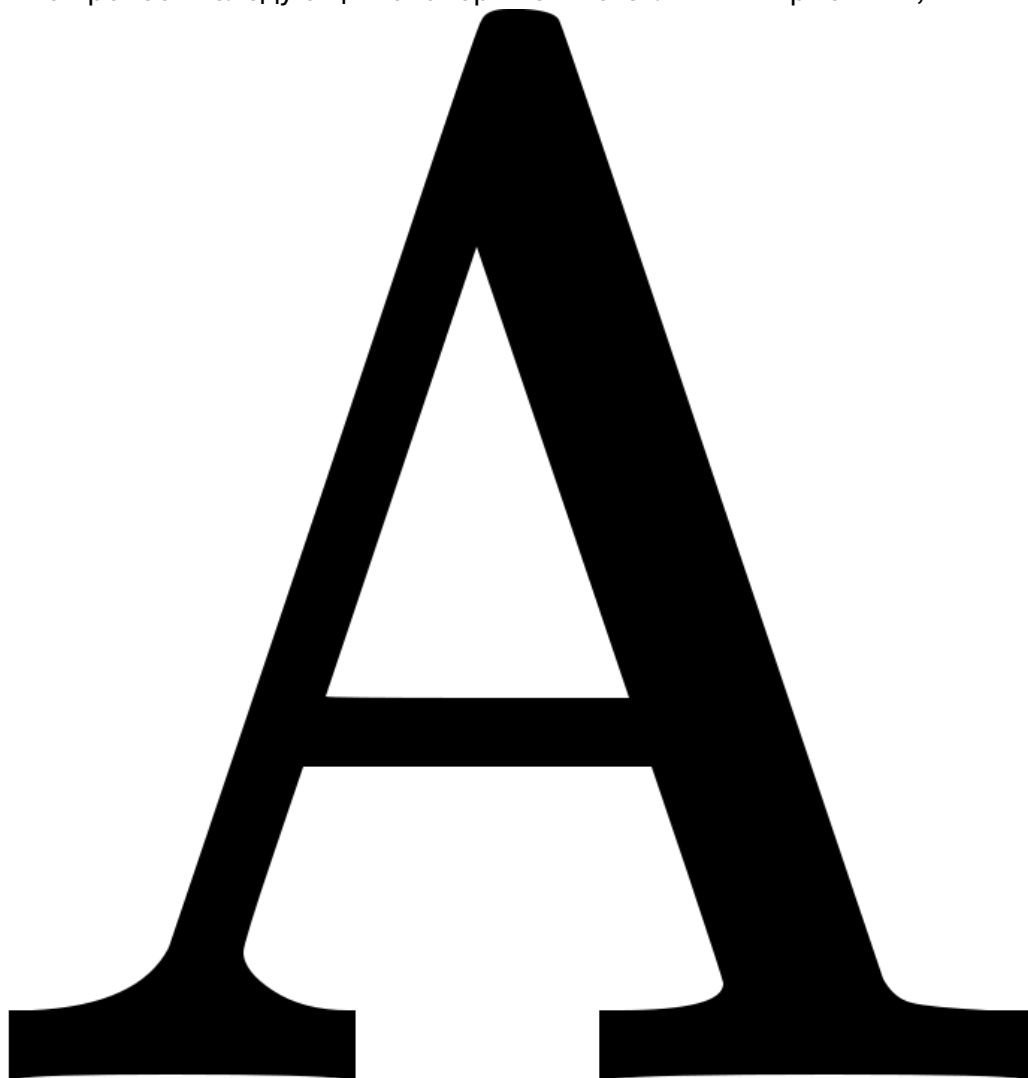


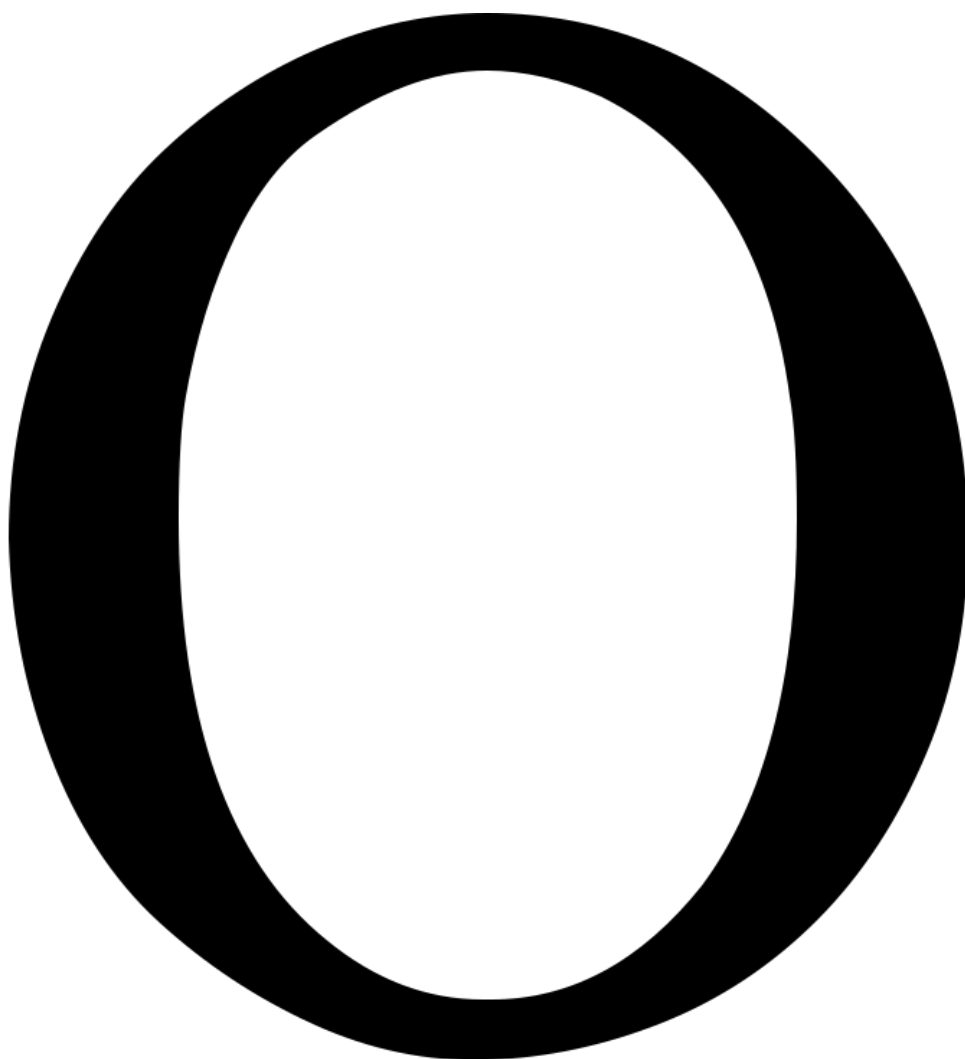
Рисунок II

Можно провести следующий эксперимент: стеклянный приемник,



заполненный воздухом, сообщается через суженную часть,

(рис. II.),



, с колбой,

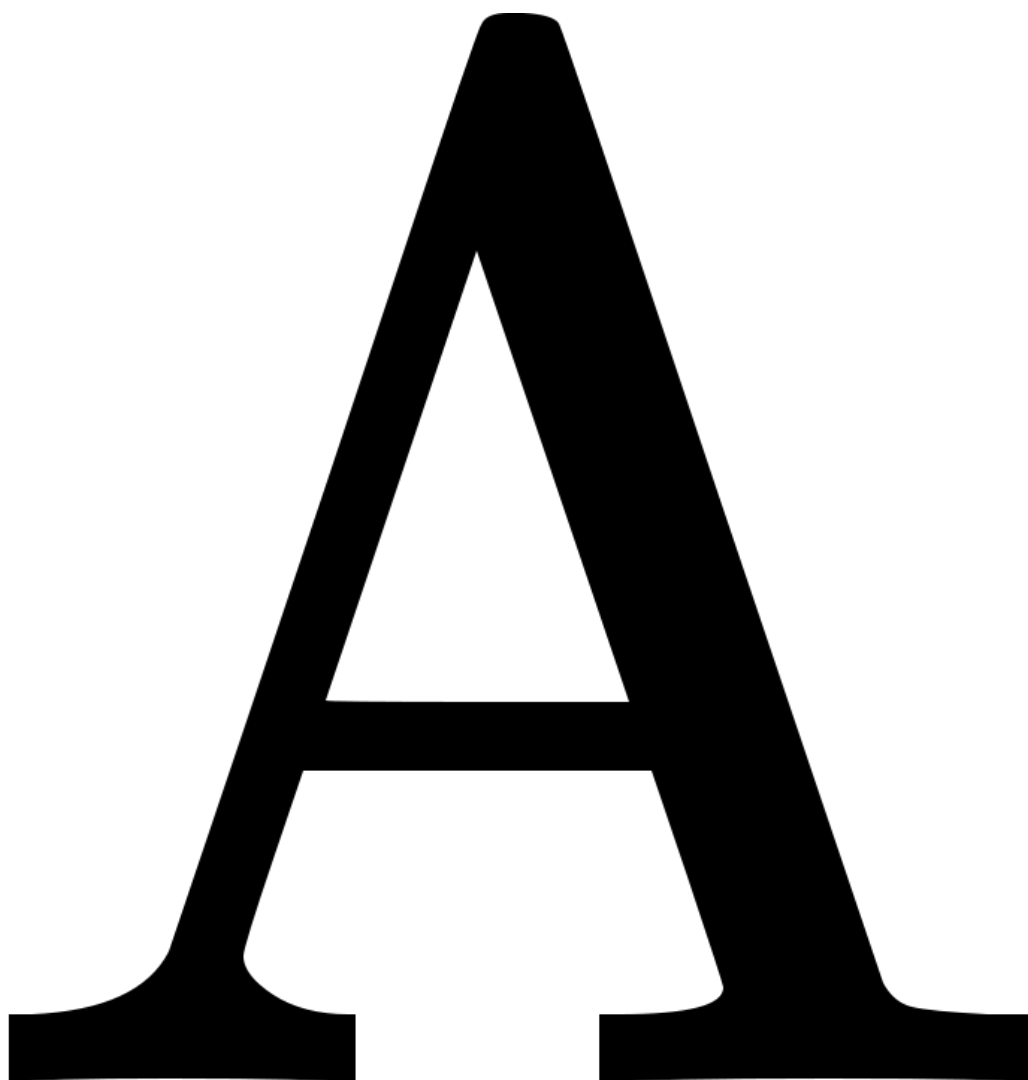
B

которая содержит

Р

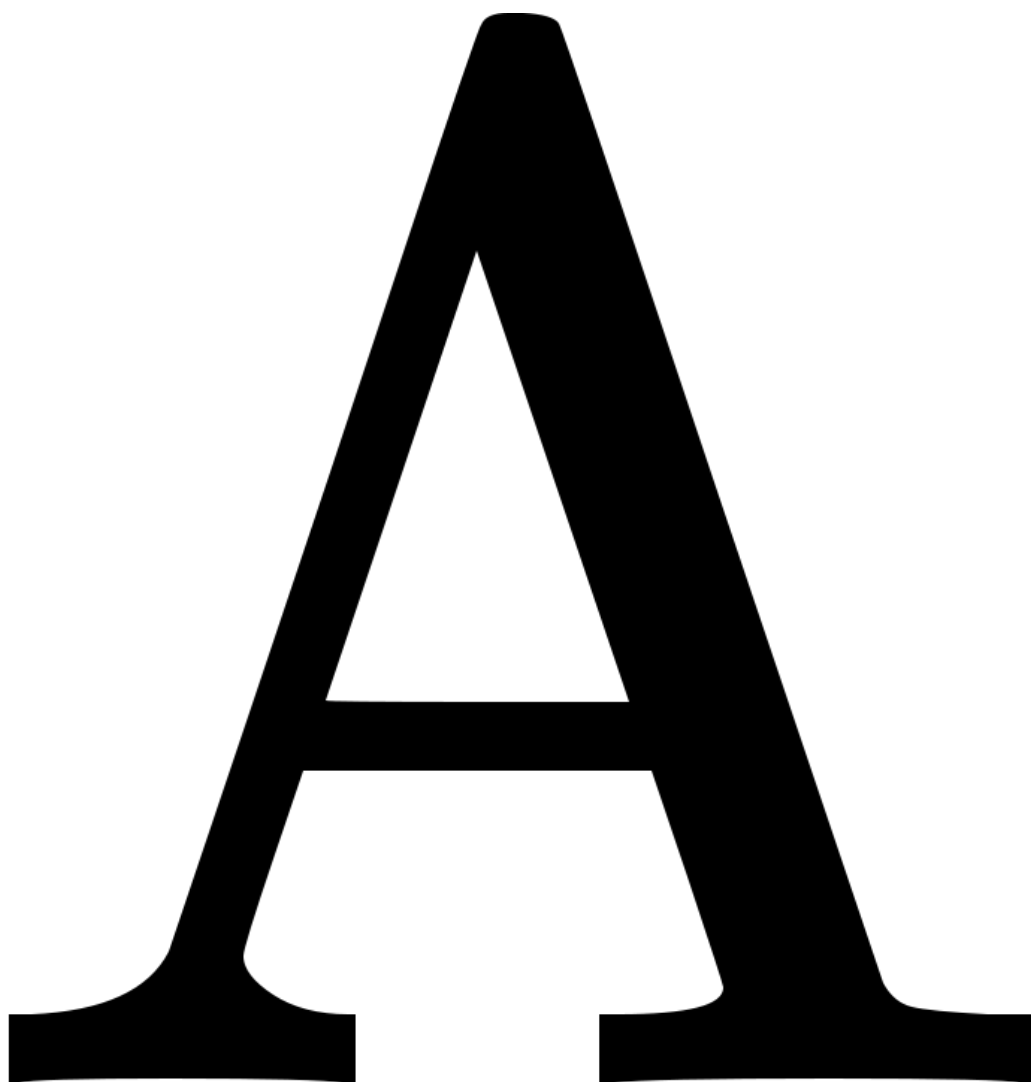
радий,
истечении определенного времени эманация распространилась в

. По

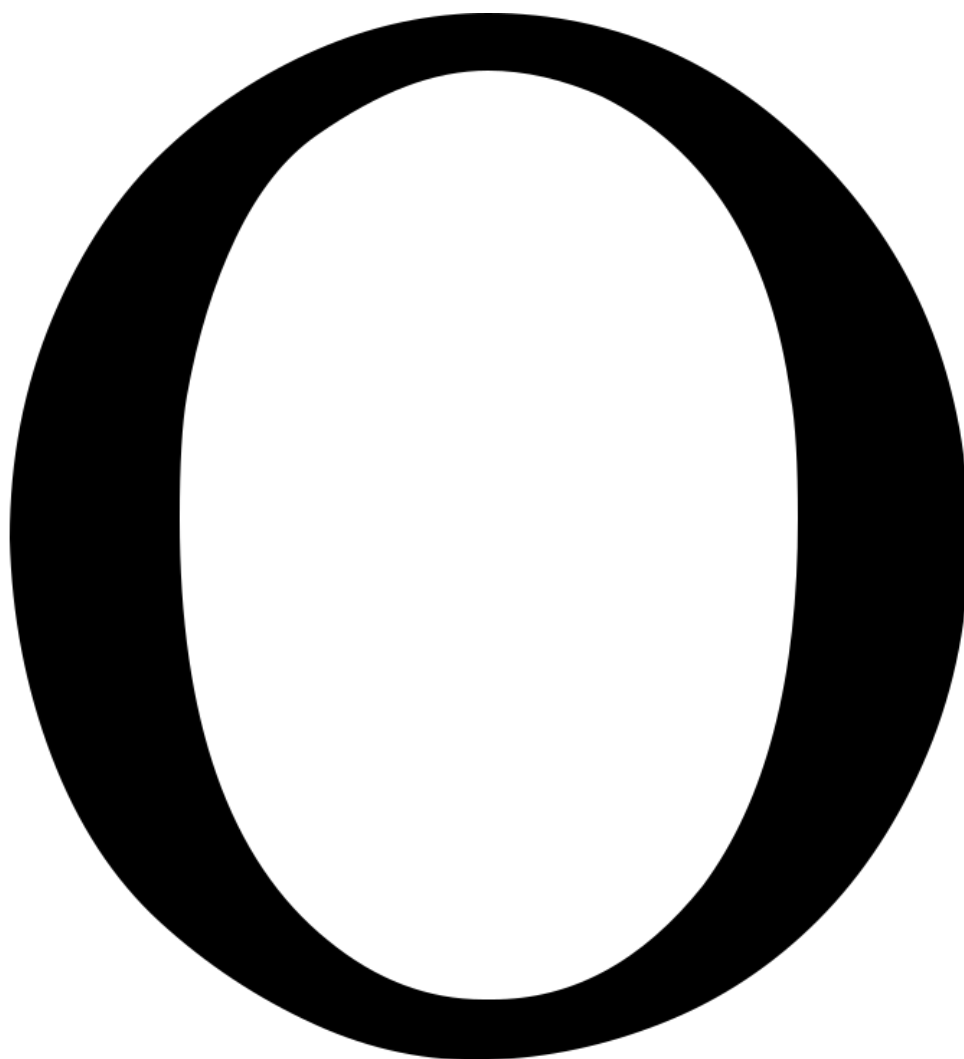


стенки стали активными. Затем приемник

, и его внутренние



отделяют от радия,



закрывая
пламенем. Затем можно изучить внешнее излучение

А

, поместив его во
внутренний цилиндр цилиндрического конденсатора (рис. III). Внутренний цилиндр изготовлен

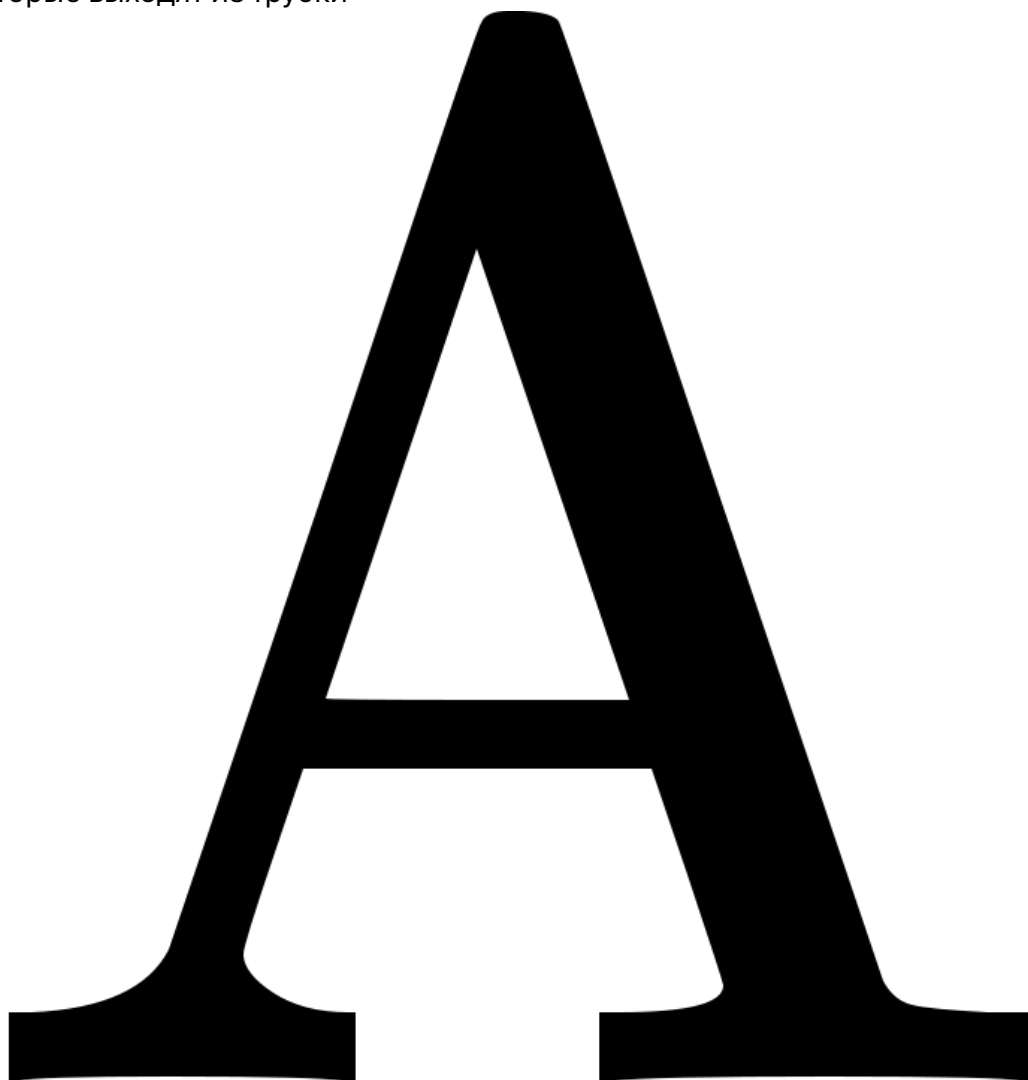
В В В В

из алюминия, . На
него подается напряжение 500 Вольт. Внешний цилиндр конденсатора,

С С С С

изготовлен из
меди. Он соединен с электрометром и пьезоэлектрическим кварцем. С помощью кварца
измеряется ток, проходящий через конденсатор. Этот ток вызывается лучами Беккереля,

которые выходят из трубки



алюминиевый цилиндр

, проходят через

В

и превращают
воздух между двумя цилиндрами в проводник электричества. Аппарат окружен защитной
металлической оболочкой,

ЕЕЕЕ

соединенной с
землей.

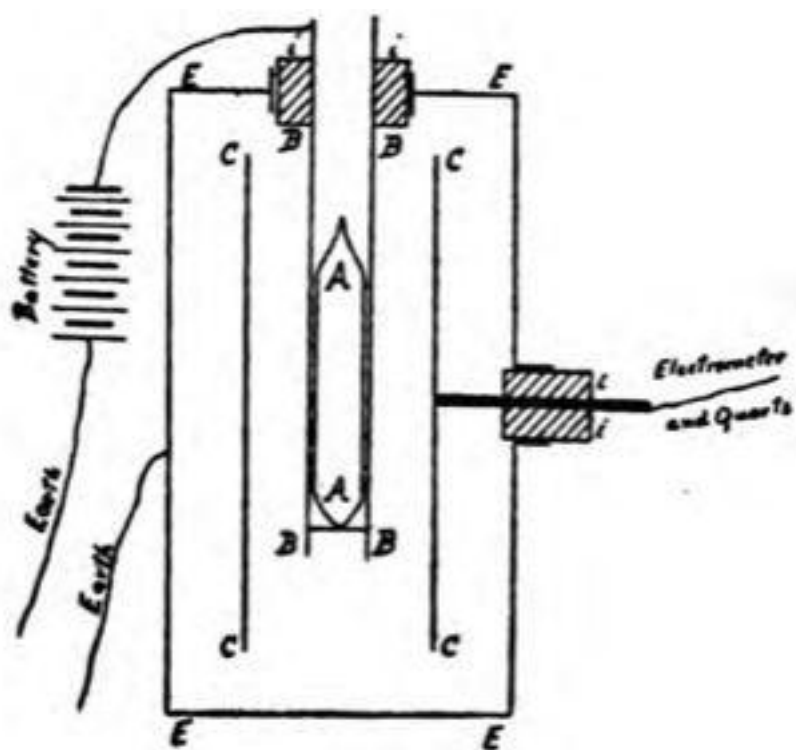
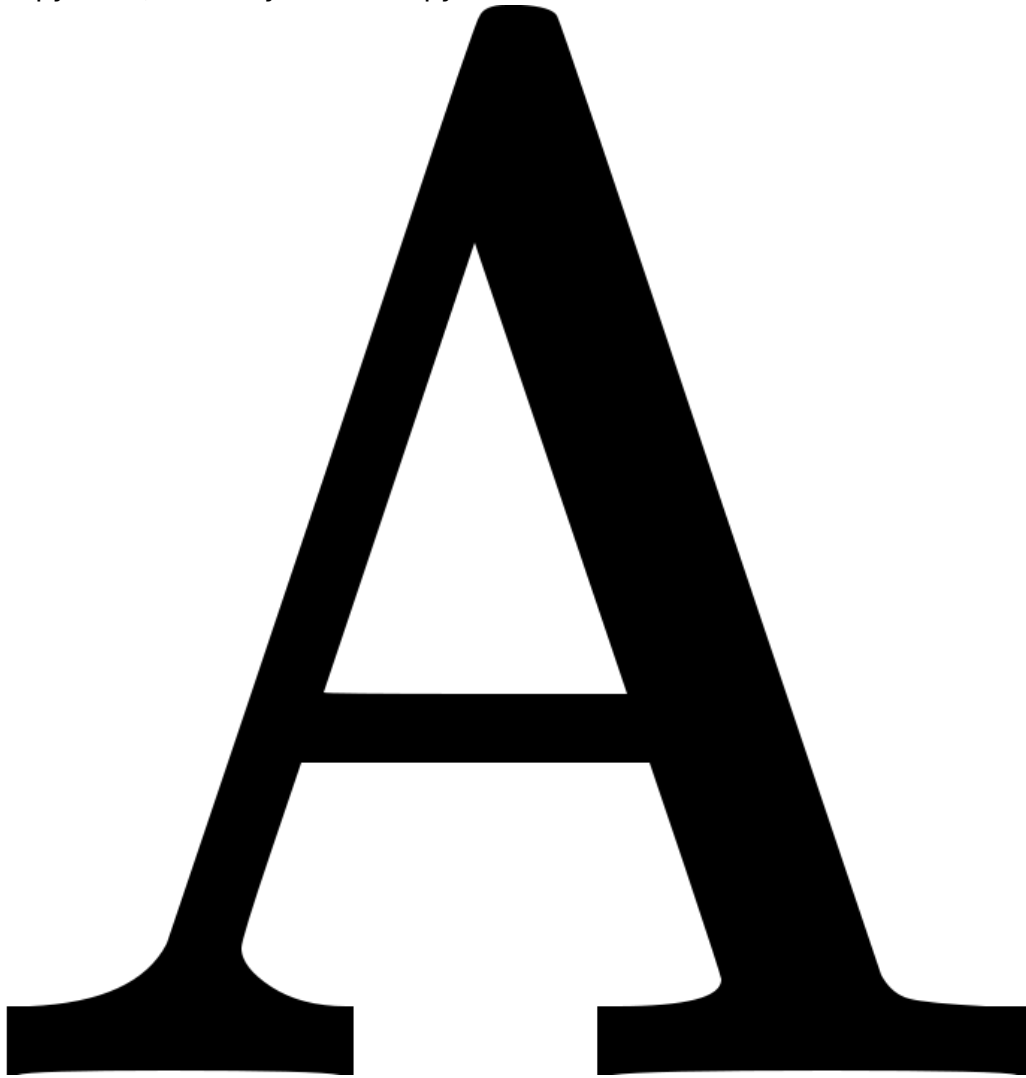


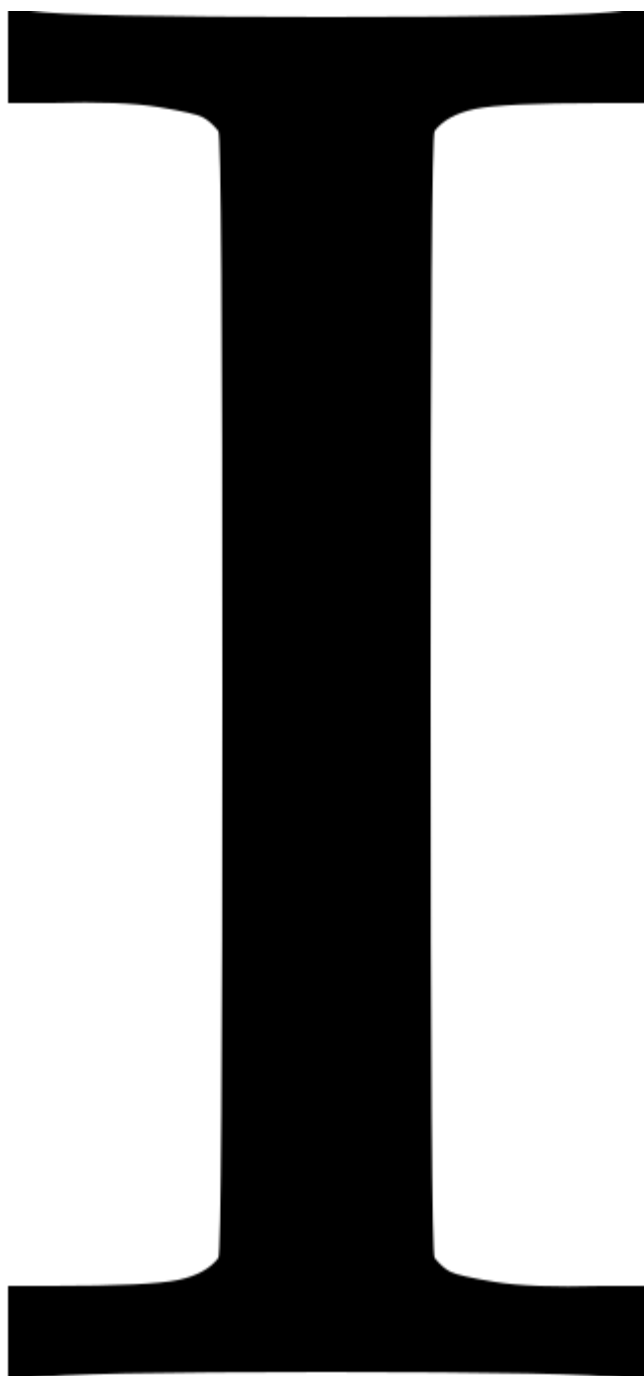
Рисунок III

Обнаружено, что излучение от трубки



уменьшается со
временем по точному экспоненциальному закону, выражаемому уравнением

$$I = I_0 e^{-at}.$$



I_0 - это значение излучения в начале времени,

I

значение в момент

t

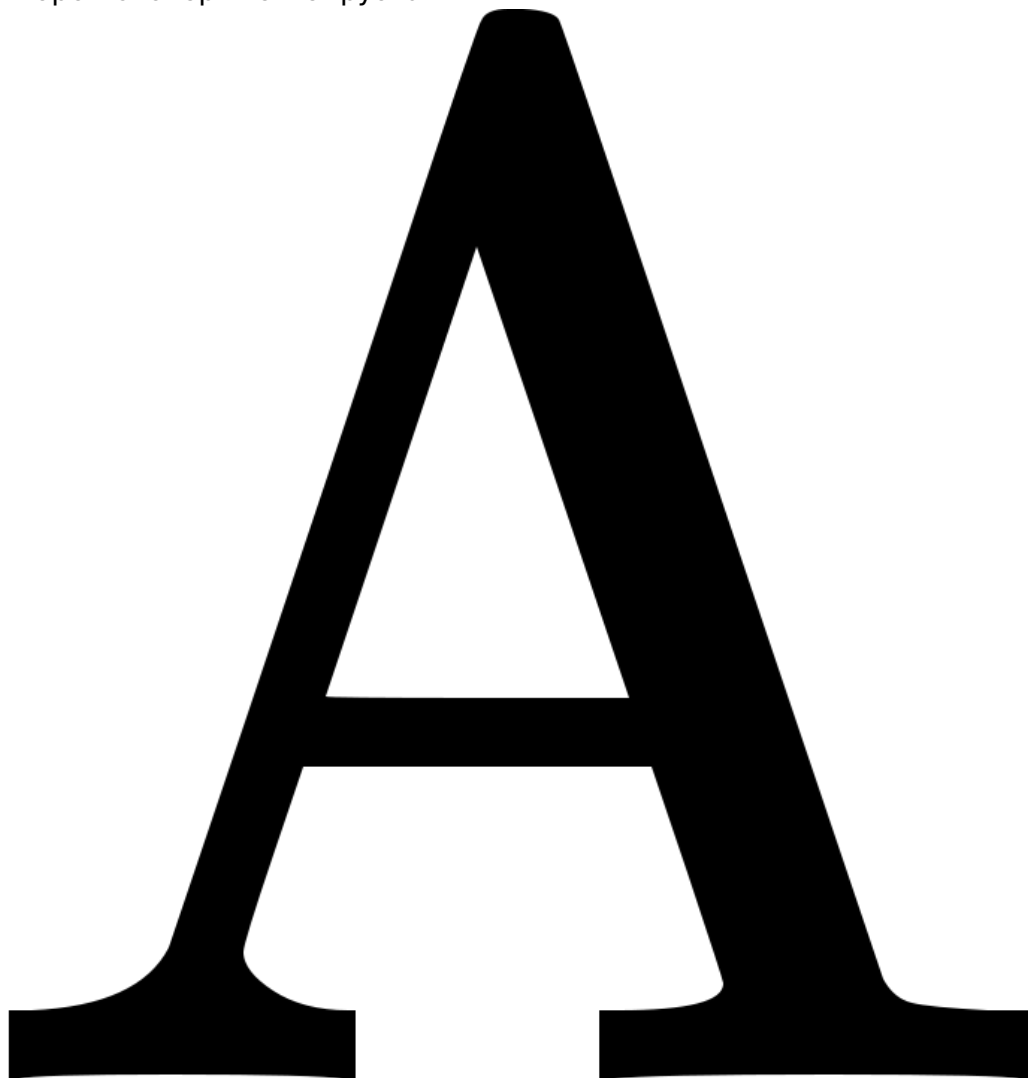
a

ПОСТОЯННЫЙ

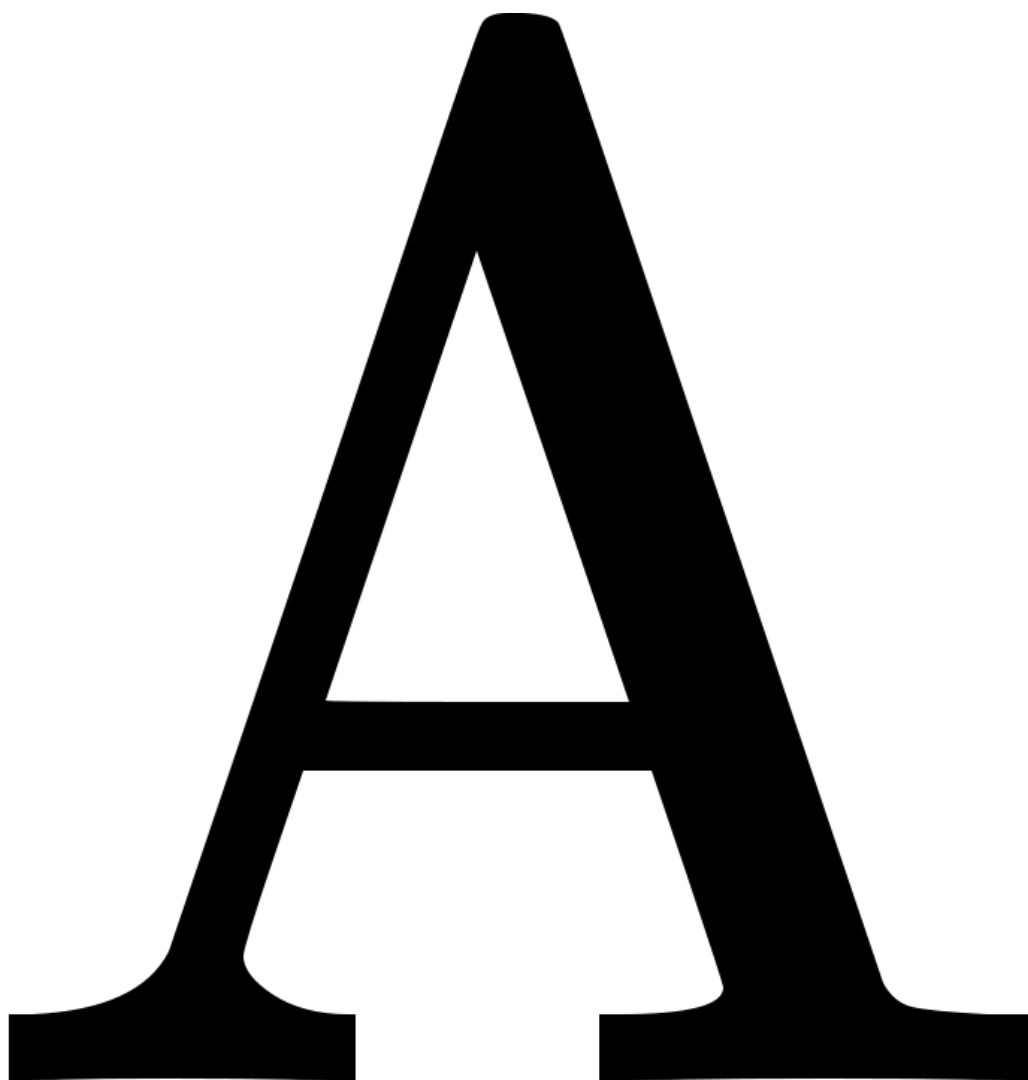
a

коэффициент, 10^{-6} , принимающий за единицу времени одну секунду. Примерно через четыре дня уровень радиации падает наполовину. $= 2,01 \times$

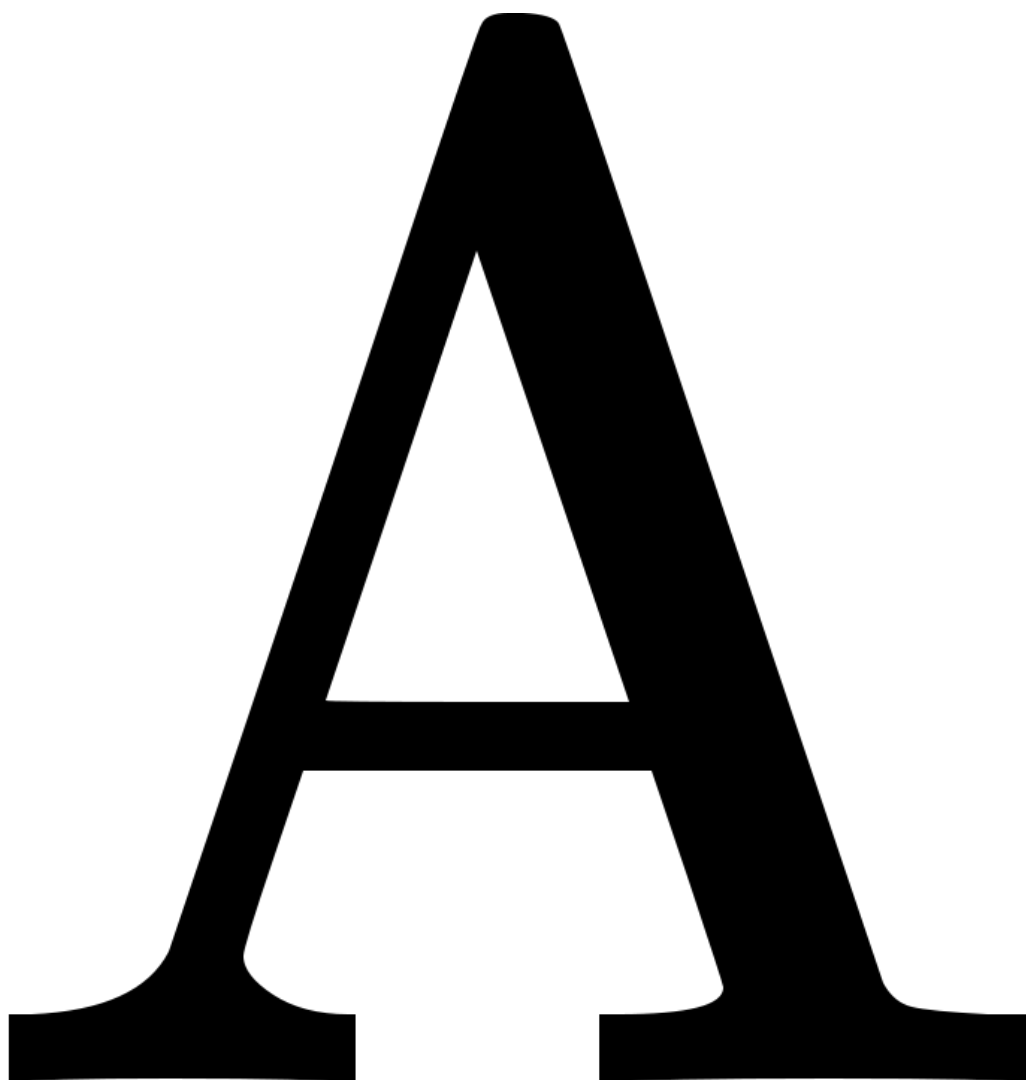
Во втором эксперименте трубка



может быть
активирована, как и раньше, и затем внутреннее пространство может быть откачено путем
откачки воздуха, содержащего излучение. В этих условиях излучение приемника,

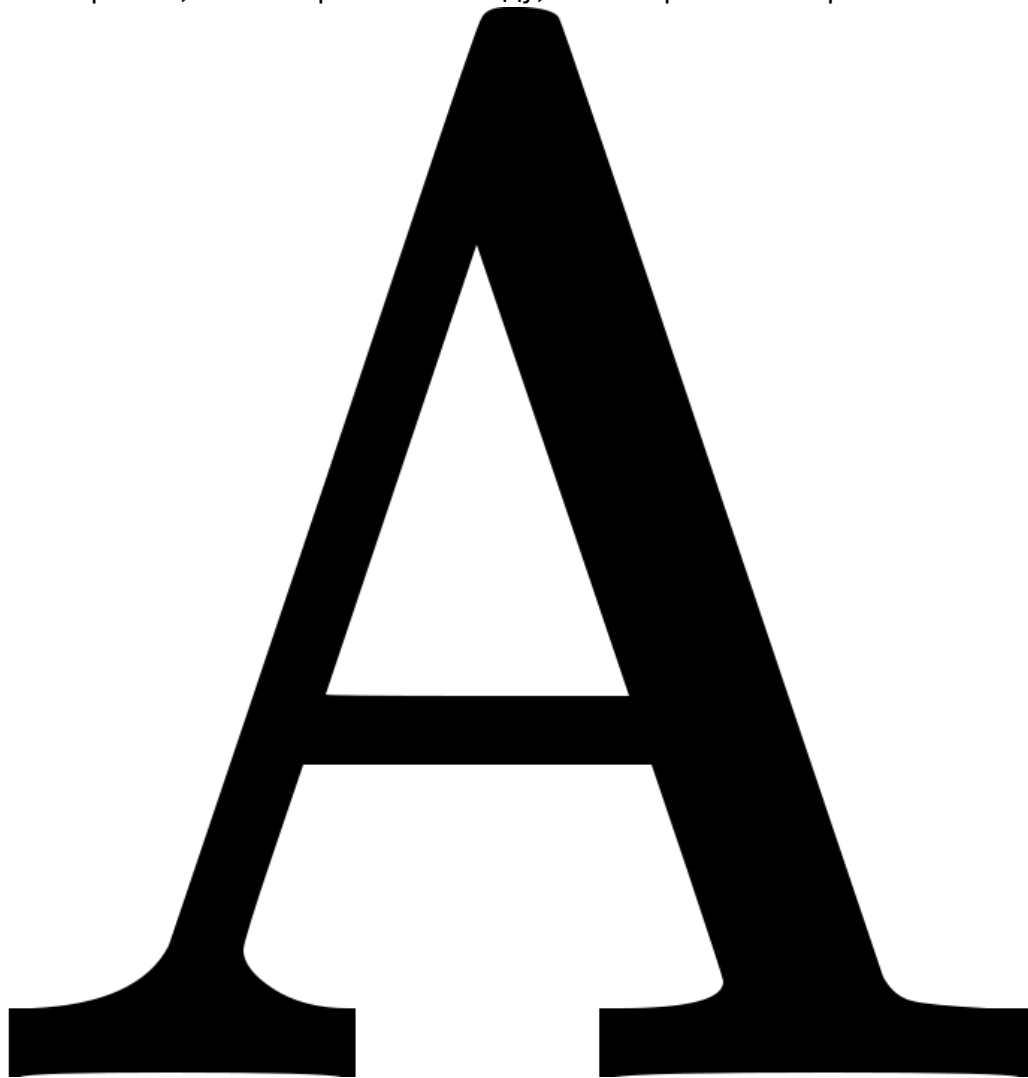


, уменьшается
гораздо быстрее и примерно за полчаса становится вдвое слабее. Этот закон потери активности тот же, что и тот, согласно которому возбужденные тела теряют свою активность, когда они находятся на свежем воздухе. Результат будет таким же, если в ресивер будет подан



неактивный воздух,
после откачки.

Таким образом, можно прийти к выводу, что в первом эксперименте активность приемника



вызвана воздухом,
заряженным излучением, содержащимся в приемнике, и что закон уменьшения излучения в
этом эксперименте представляет собой также закон самопроизвольного исчезновения
излучения.

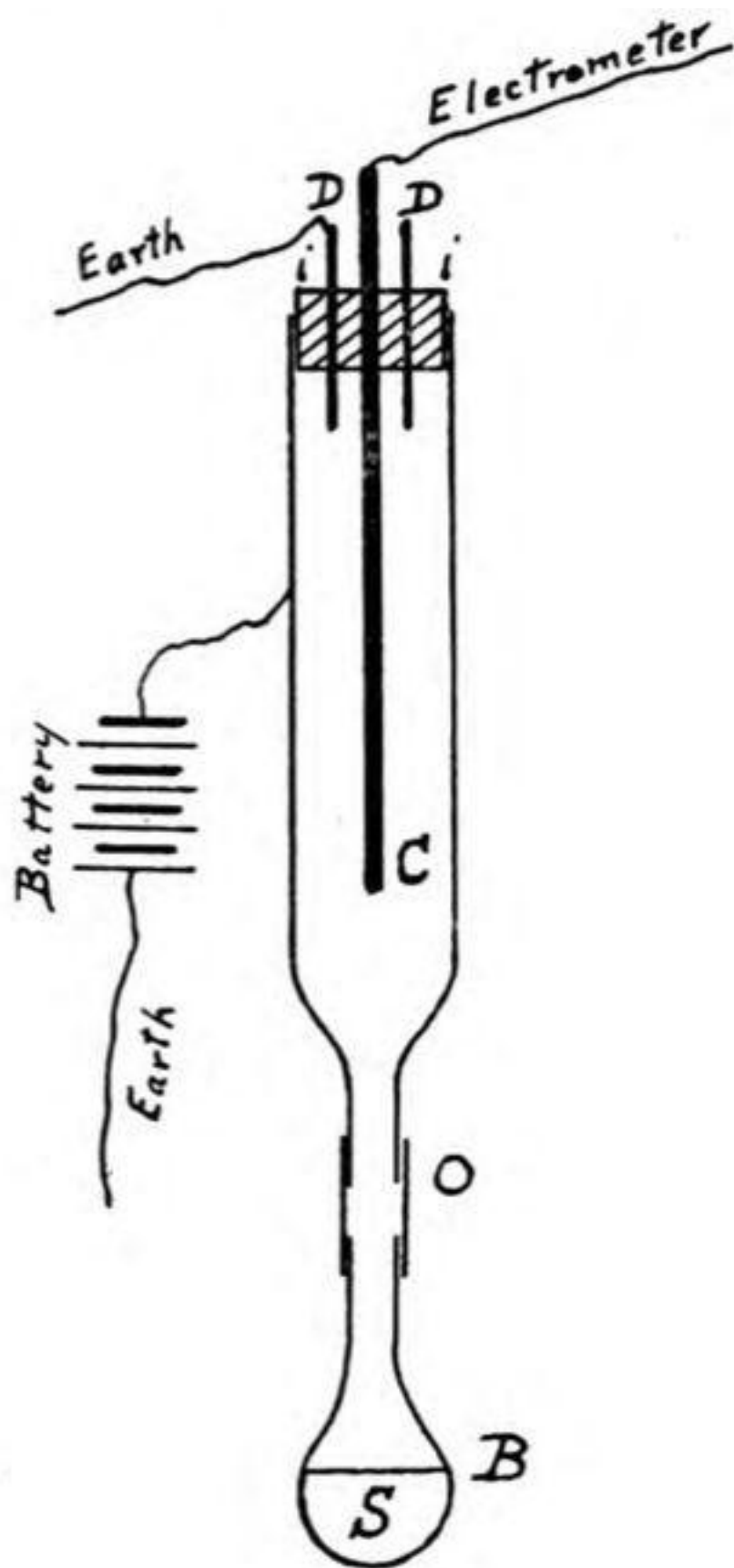
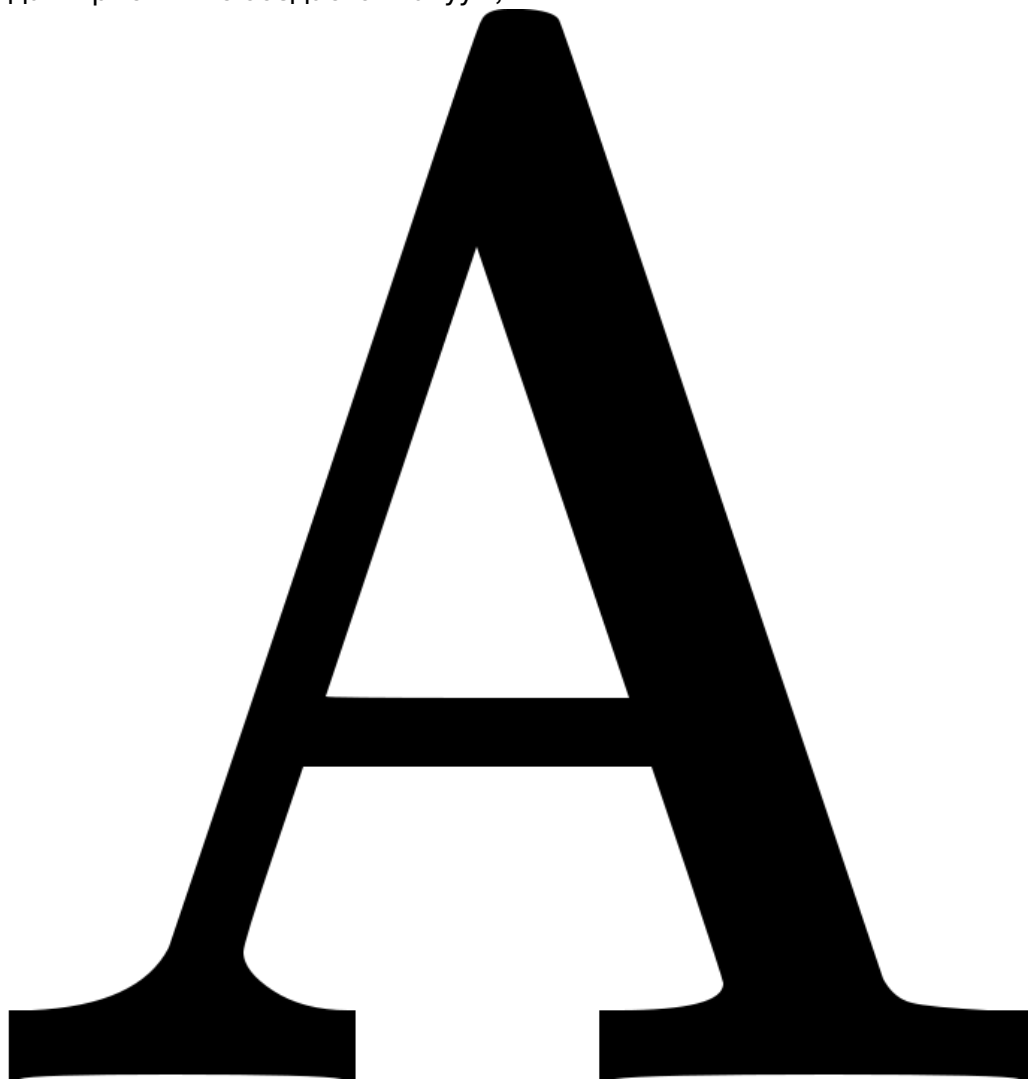


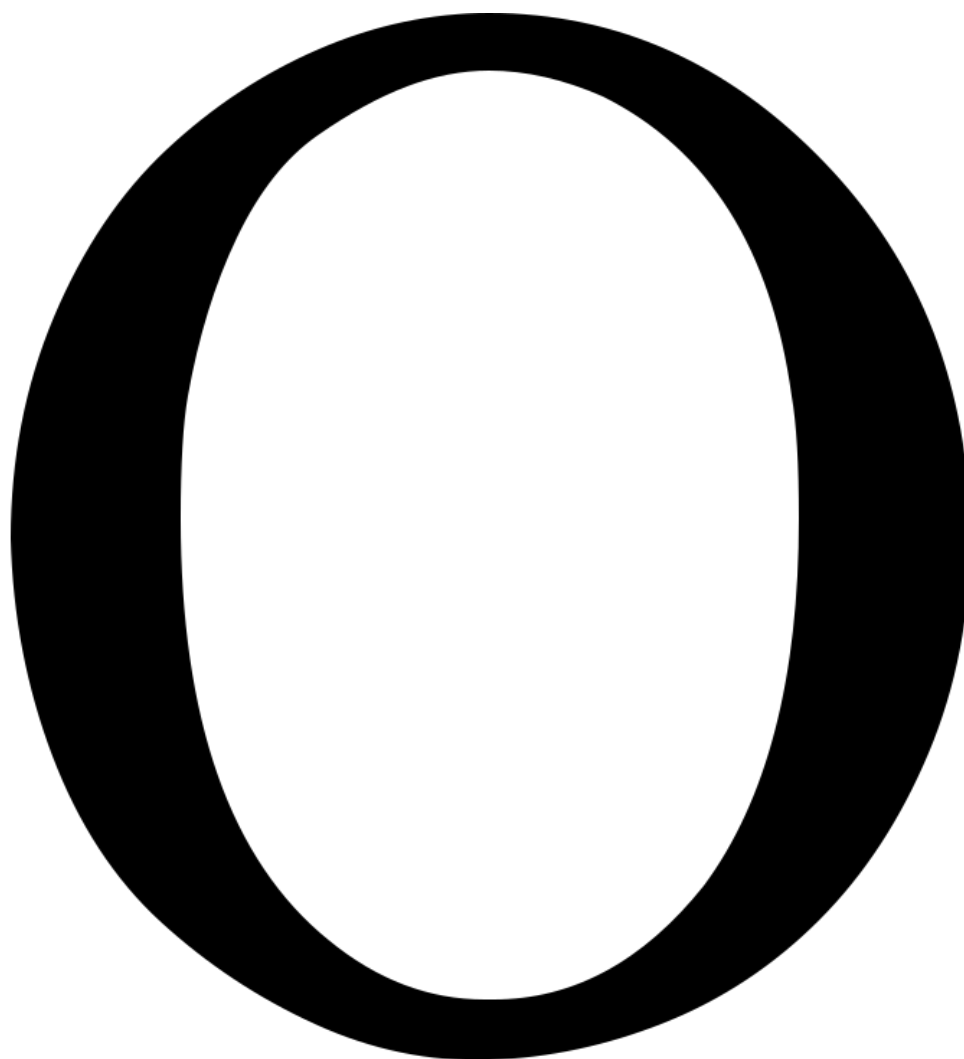
Рисунок IV

Когда в приемнике создается вакуум,



который содержит воздух, заряженный излучением, и когда излучение приемника измеряется сразу после извлечения воздуха, обнаруживается, что излучение не изменилось в момент извлечения активного воздуха. Таким образом, излучение Беккереля воздуха, заряженного эманацией, не производит никакого действия в этом эксперименте. Это излучение, вероятно, существует, но оно состоит из очень слабо проникающих лучей, неспособных пройти через стеклянную стенку. В связи с этим можно провести следующий эксперимент. Один из концов металлической

трубки,  (рис. IV.),



сообщается
посредством резиновой трубки с приемником,

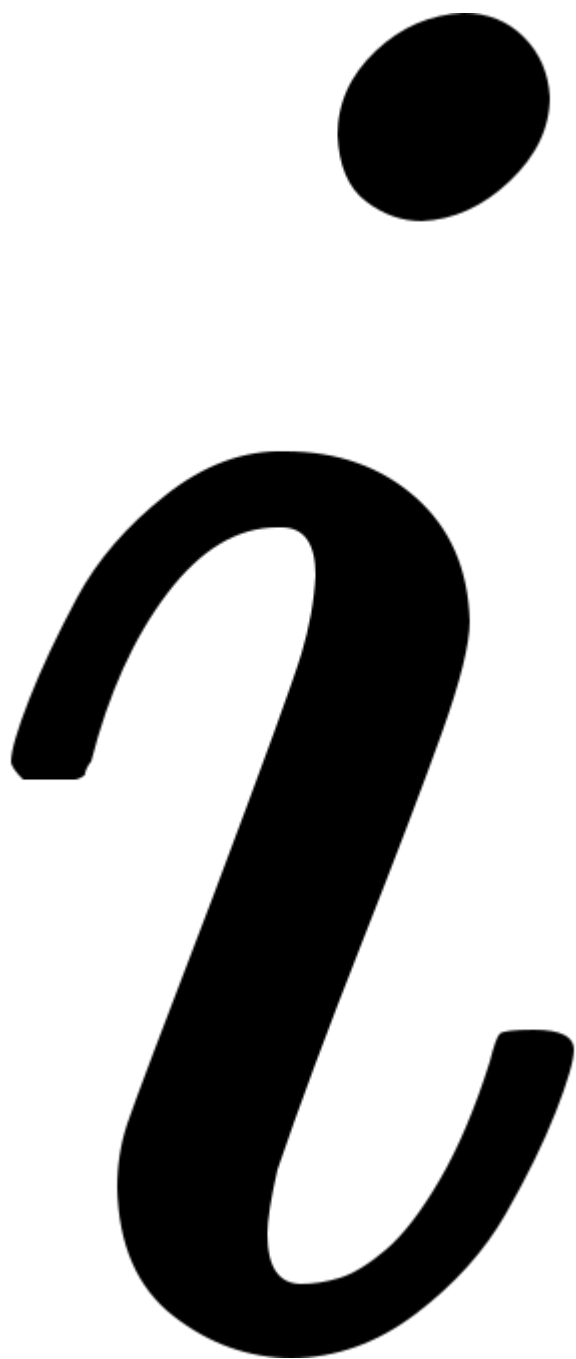
B

находится раствор соли радия. Другой конец трубки,

в котором

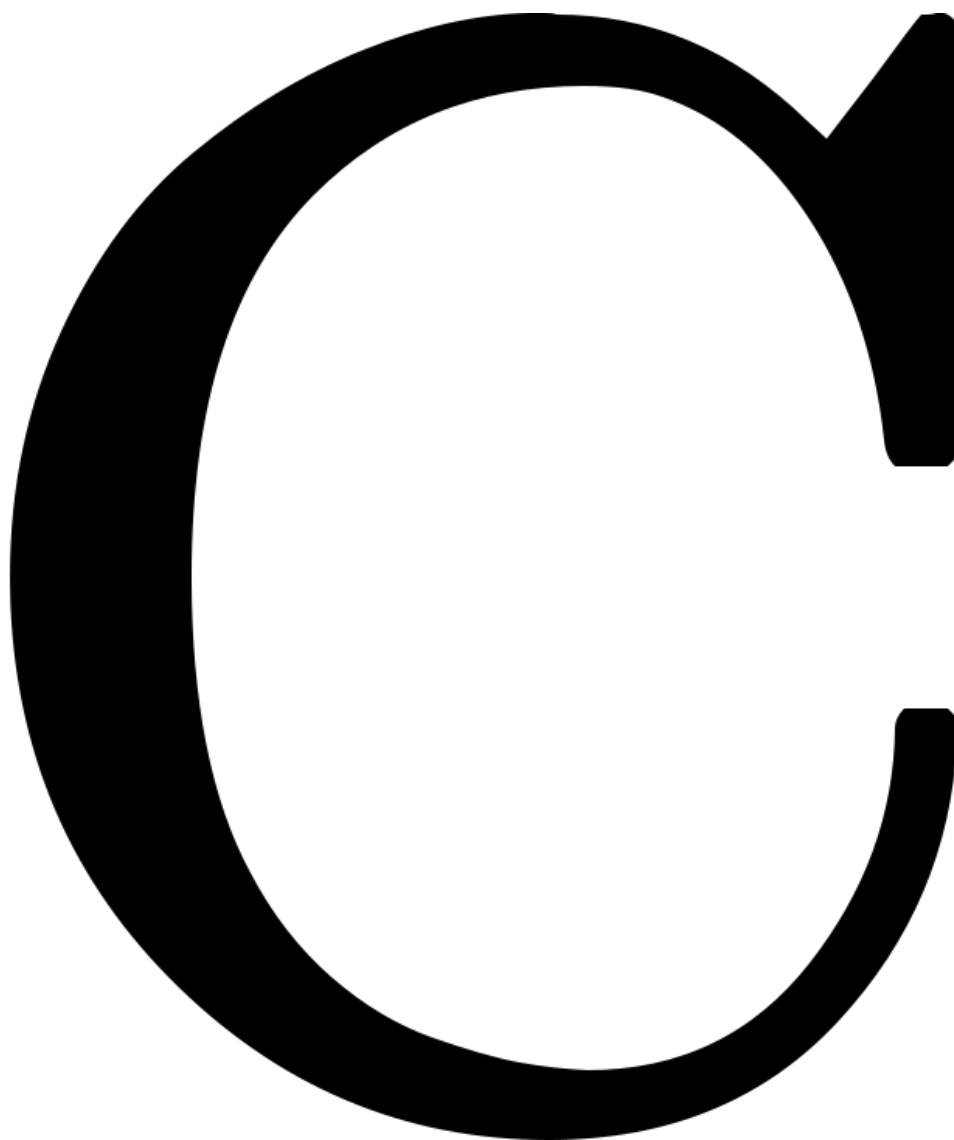
A

, закрыт



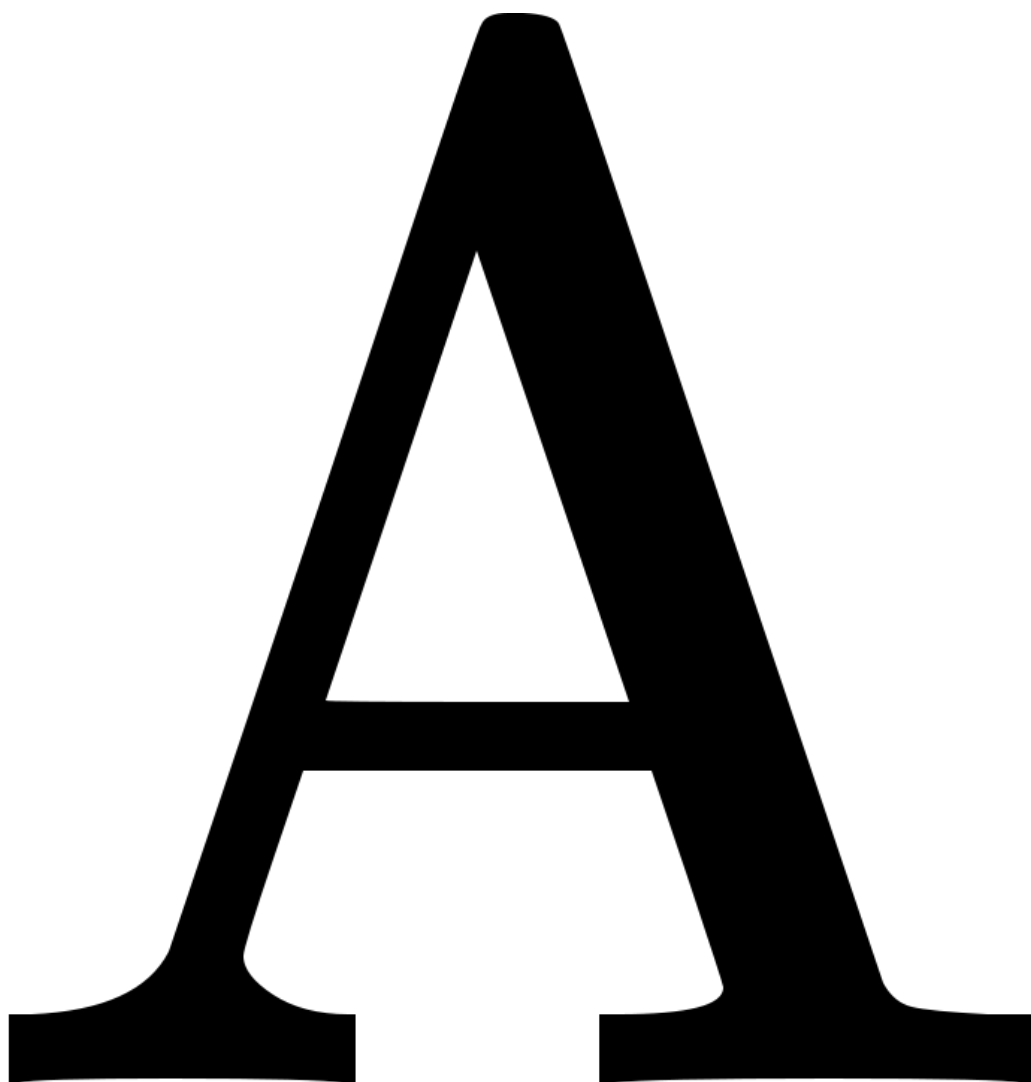
изолирующей пробкой,
металлический стержень,

. Через пробку проходит

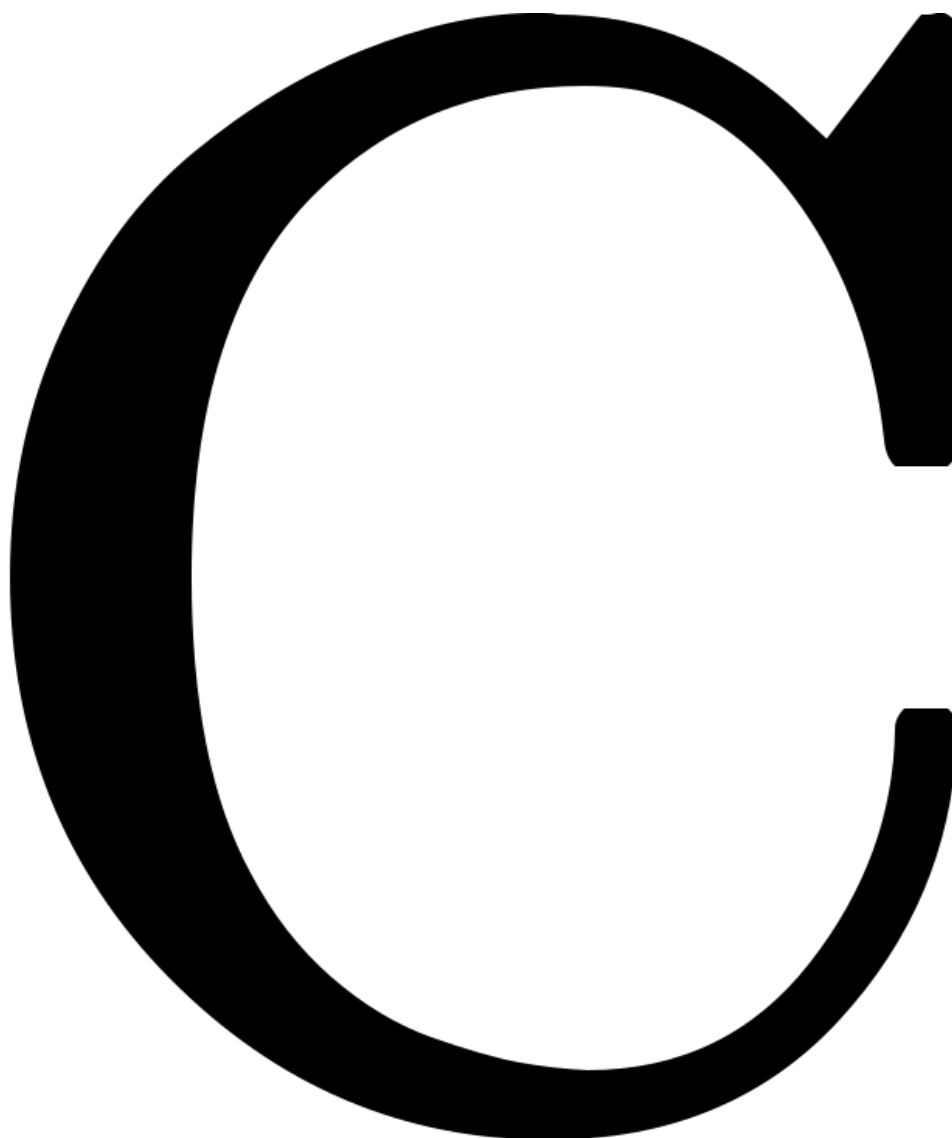


электрометром. Трубка,

, соединенный с



и стержень,



цилиндрический конденсатор. На трубу,

образуют

A

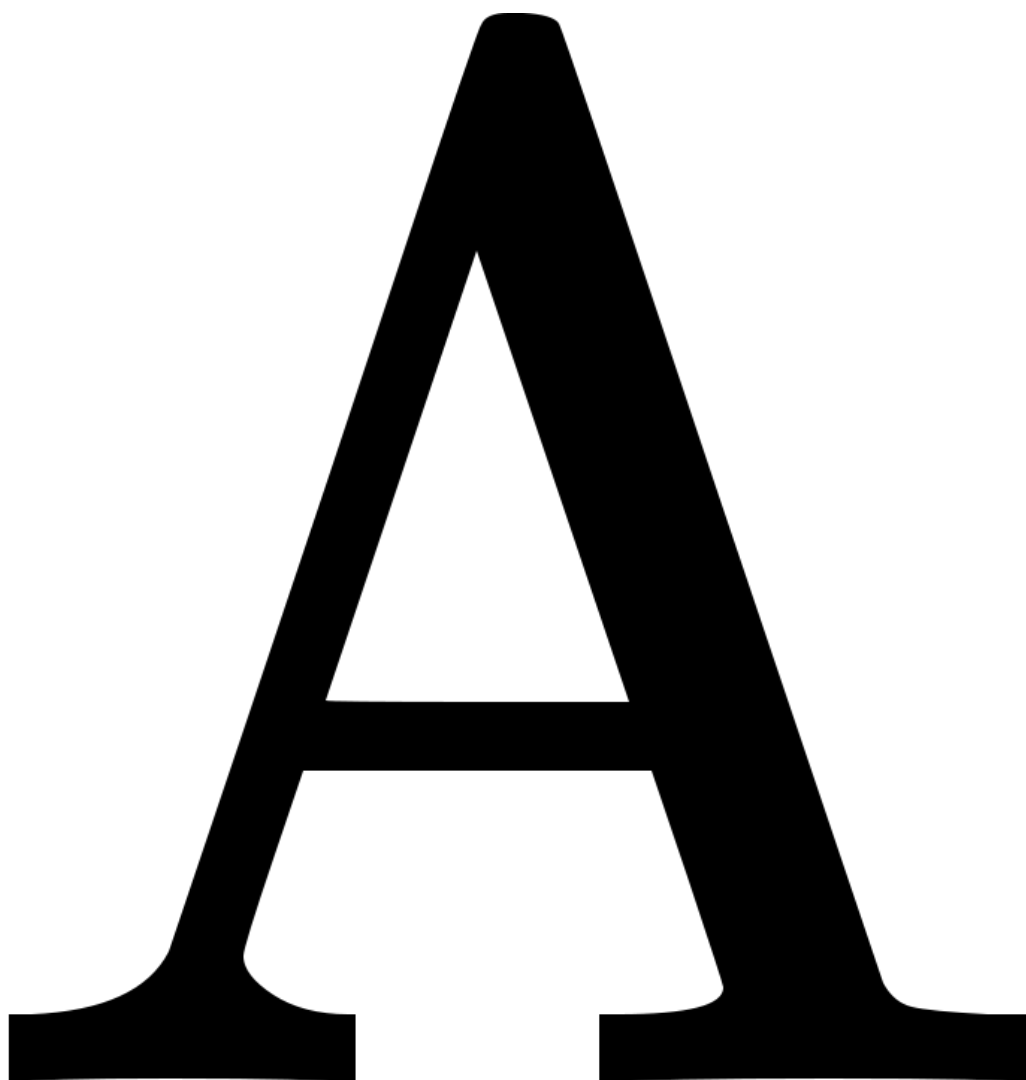
, подается

напряжение 500 Вольт. Металлическая трубка,

D *D* *D* *D*

соединенная с

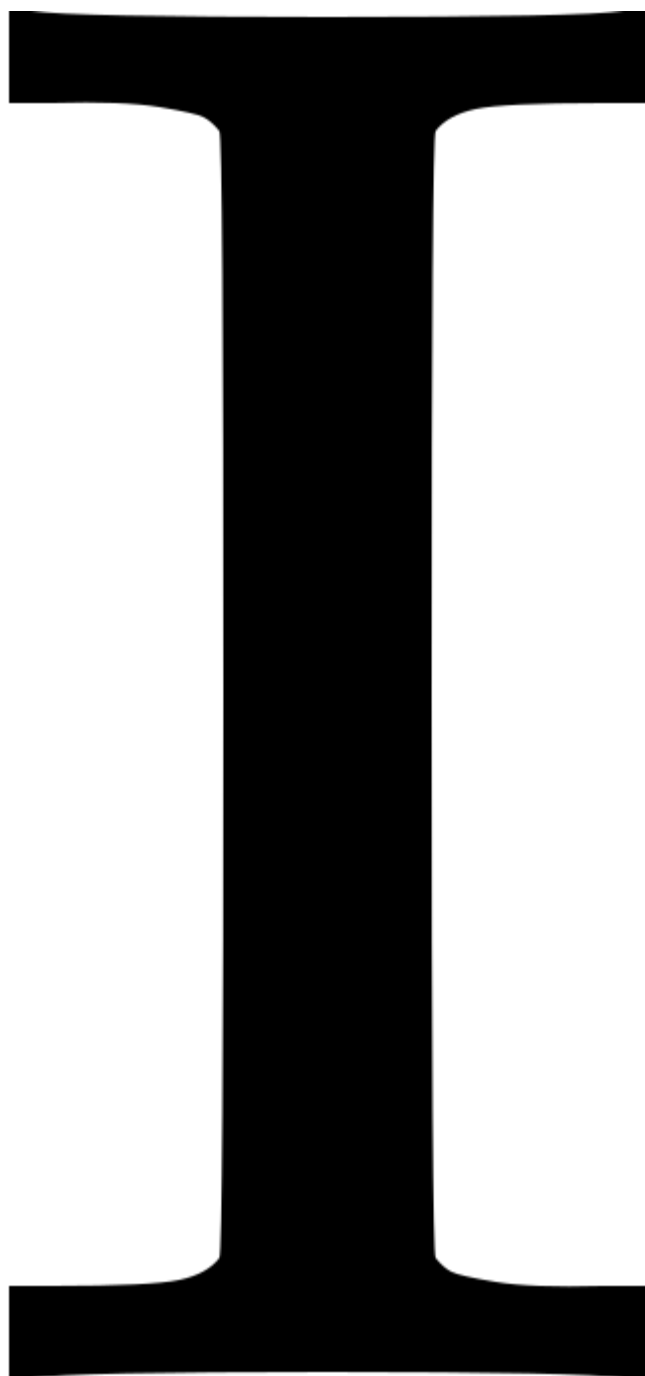
землей, служит защитной трубкой. Когда трубка



становится

достаточно активной, ее извлекают из радия и измеряют силу тока, проходящего через конденсатор. Затем активный воздух, заполняющий конденсатор, быстро удаляют, впускают неактивный воздух и немедленно производят новое измерение силы тока. Обнаружено, что ток стал в шесть раз слабее. Таким образом, во время второго измерения излучение возбужденных стенок действует исключительно на ионизацию воздуха в конденсаторе, в то время как во время первого измерения действует также излучение. Тогда мы можем предположить, что он также испускает эманацию. Это излучение обязательно проникает очень слабо, поскольку его действие невозможно обнаружить снаружи.

Когда твердая пластина, возбужденная излучением, становится неактивной на свободном воздухе, закон потери активности зависит от времени, в течение которого пластина оставалась в контакте с излучением. Если действие эманации продолжительно (например, более двадцати четырех часов), закон ослабления активности определяется разницей между двумя экспоненциальными величинами. Интенсивность излучения,



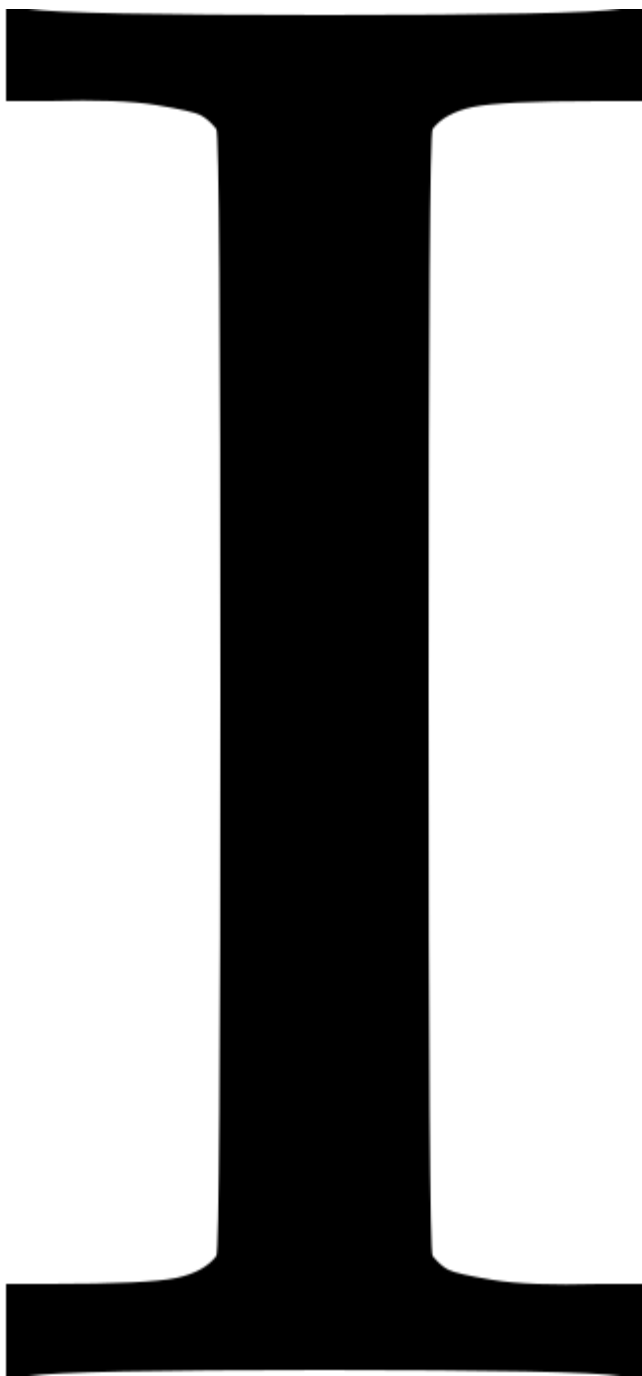
в этом случае может быть представлена как

t

функция времени,

уравнением

$$I = I_0 [K e^{-bt} - (K - 1) e^{-ct}].$$



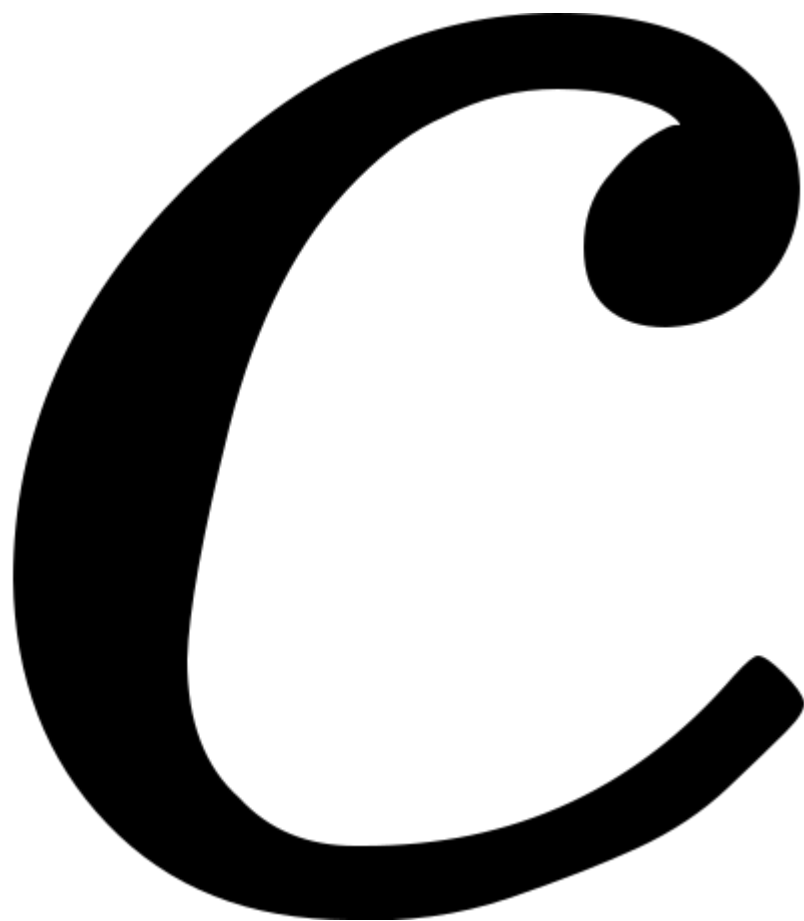
I_0 - интенсивность излучения в начале времени, то есть в момент, когда пластина выводится из-под влияния излучения.

K

,

b

, и



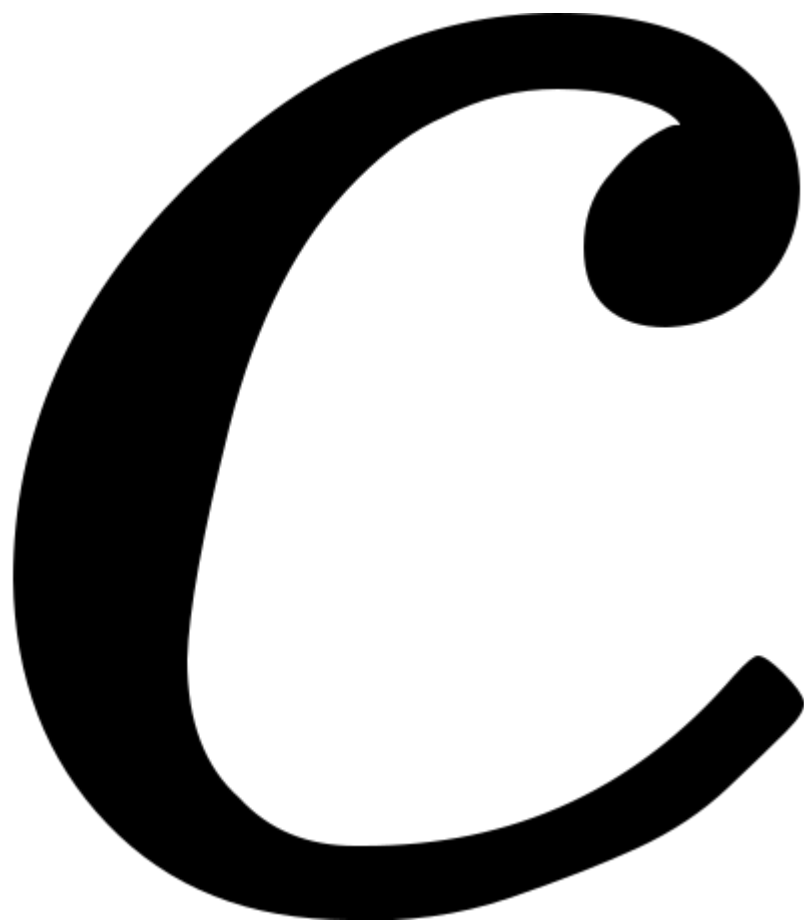
- три постоянных коэффициента:

K

= 4,2;

b

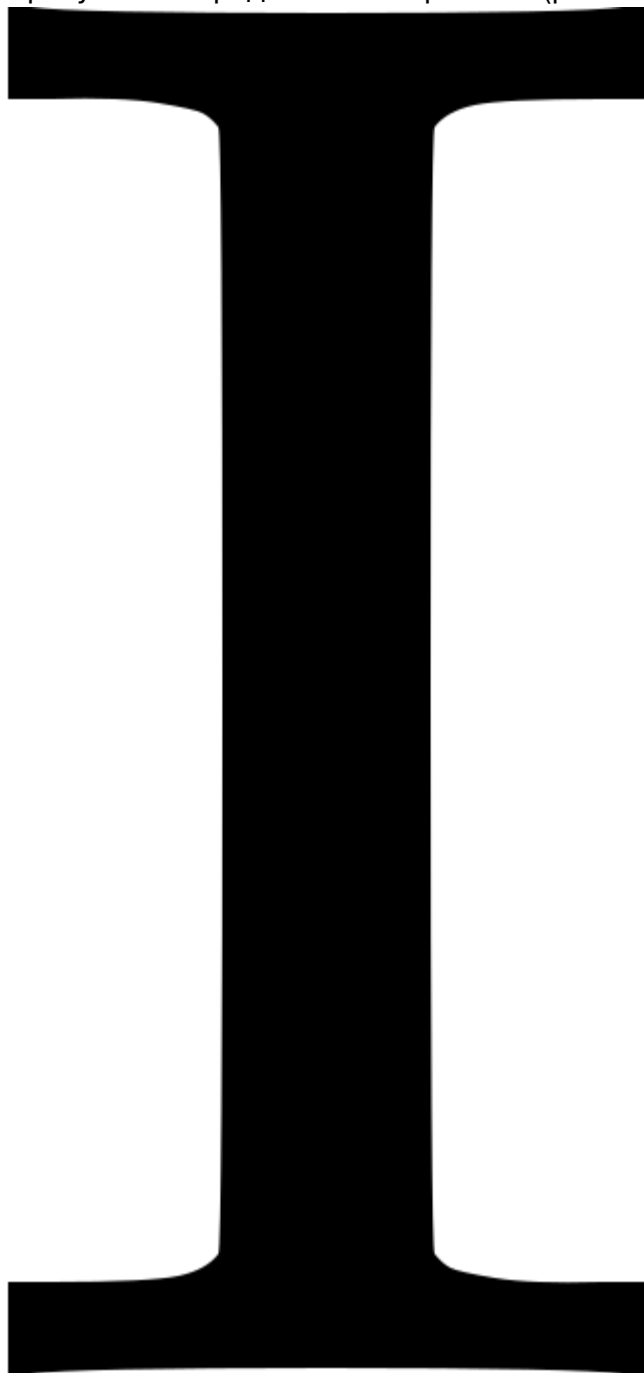
= 0,000413;



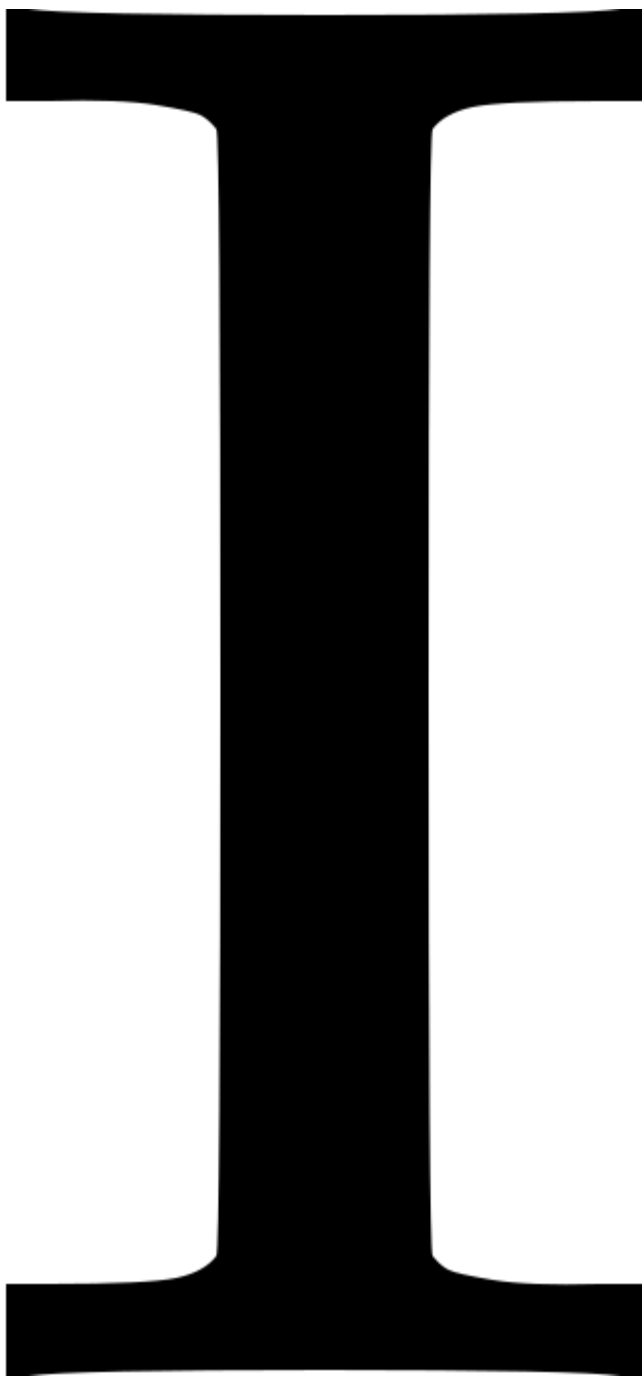
времени одну секунду.

= 0,000538, принимая за единицу

Эти результаты представлены кривой 1 (рис. V.). Логарифм



представлен на оси ординат, а время - на оси абсцисс. Через полтора часа после начала потери активности вторая экспоненциальная величина стала пренебрежимо малой по отношению к первой в выражении для значения



этого момента активность уменьшается наполовину в течение каждого периода продолжительностью двадцать восемь минут. , и репрезентативная кривая стала прямой. С

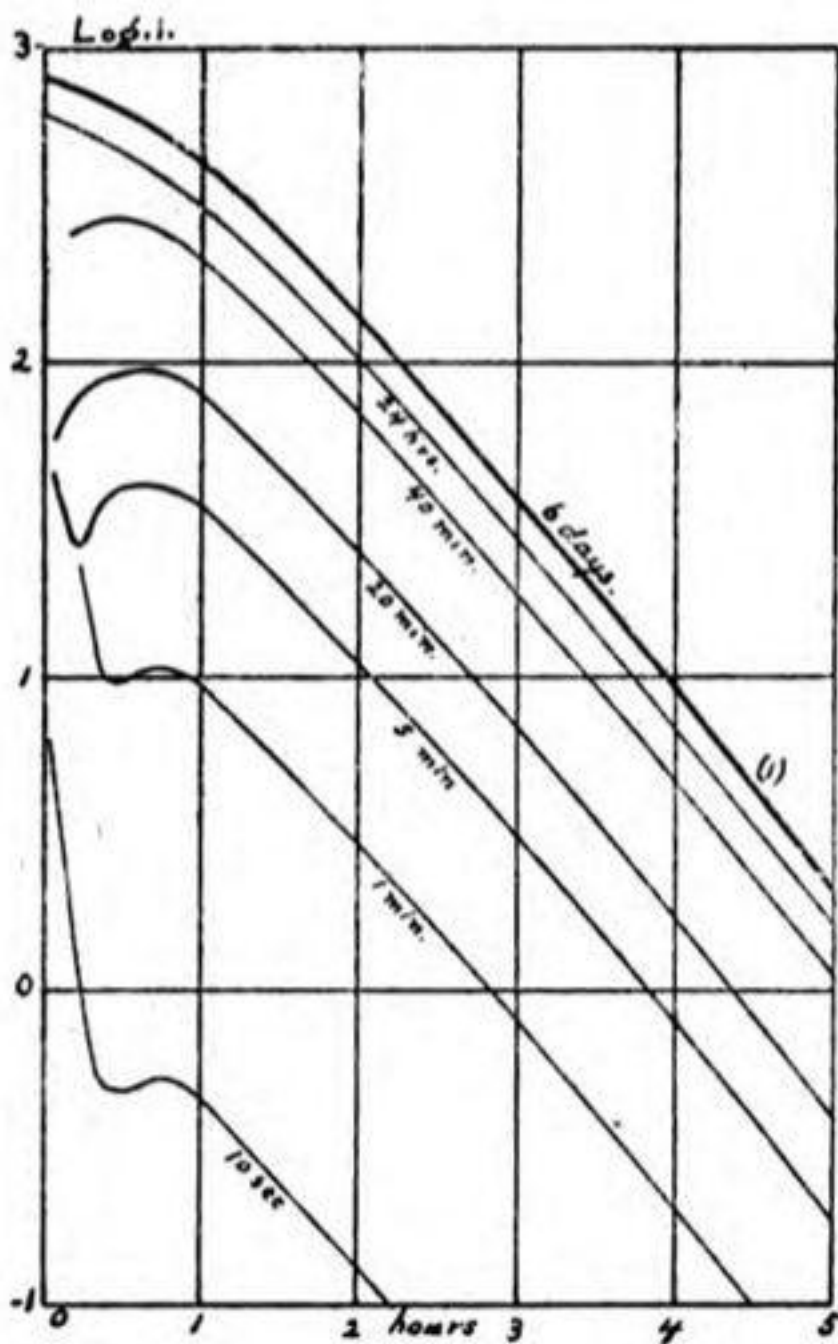


Рисунок V

Если продолжительность действия эманации не так велика, то закон изменения излучения при его потере гораздо сложнее. На рис. V. представлены результаты экспериментов для разных времен воздействия, как указано на соответствующих кривых. Мы видим, например, что в течение времени возбуждения, равного пяти минутам, интенсивность излучения во время потери активности сначала быстро падает до минимума; затем она увеличивается и снова начинает падать. Наконец, закон потери активности стремится к простому экспоненциальному закону, который совпадает с предельным законом после длительного возбуждения. Эти сложные явления можно объяснить, предположив, что на возбужденной пластинке

радиоактивная энергия находится в трех различных состояниях, но демонстрации, относящиеся к этому предмету, слишком длинны, чтобы иметь место в этой статье.

Излучение радия вызывает энергетическую фосфоресценцию большого количества веществ. Стеклянные резервуары, содержащие заряженный излучением воздух, светятся, тюрингенское стекло является наиболее чувствительным. Фосфоресцирующий сульфид цинка особенно чувствителен к действию излучения радия и затем излучает интенсивный свет.

Чем активнее вещества в замкнутом пространстве, тем больше количество свободного газа вокруг них. Когда пластины, расположенные параллельно друг другу на небольшом расстоянии друг от друга, помещают в замкнутое пространство с радием, грани каждой пластины возбуждаются пропорционально ее расстоянию от других. Когда стеклянные трубки разного диаметра наполняются излучением и сообщаются друг с другом, стенки трубок с наибольшим внутренним диаметром становятся наиболее активными. Эти трубки также наиболее светящиеся. Чтобы интерпретировать эти факты, необходимо предположить, что воздух, заряженный излучением, воздействует на стены излучением, возникающим в каждой части газовой массы, и что радиоактивность, индуцируемая на стене, пропорциональна потоку возбуждающего излучения, принимаемого этой стеной.

Медленное развитие индуцированной активности.— Твердое тело приобретает очень слабую, устойчивую индуцированную активность, когда оно месяц или меньше находится в контакте с излучением радия. Вещество, выведенное из-под влияния излучения после длительного пребывания в нем, сначала быстро теряет свою активность, согласно приведенным законам. Но активность излучения не исчезает полностью. Остается излучение в несколько тысяч раз более слабое, чем было вначале. Это излучение испускается крайне медленно и продолжается несколько лет. (Радиация достигает минимума, затем медленно увеличивается в течение нескольких месяцев, но всегда остается очень незначительной.)

Блокирование излучения радия твердыми частицами.— Все твердые тела при возбуждении от контакта с излучением радия приобретают свойство сами испускать излучение в очень небольшом количестве. Они сохраняют эту силу всего двадцать минут с того момента, как их удаляют из пространства, содержащего эманацию. Тем не менее определенные вещества, такие как каучук, парафин и целлулоид, обладают свойством насыщаться эманацией и впоследствии выделять ее в изобилии в течение нескольких часов или даже дней.

Индуцированная активность жидкостей.— Когда жидкость помещают в замкнутое пространство с радием, она становится радиоактивной. Таким образом, могут возбуждаться вода, растворы солей, нефть и т.д. Жидкости растворяют определенное количество эманации. Когда возбужденная жидкость отделяется от радия и запечатывается в пробирке, она медленно теряет свою активность в соответствии с законом разрушения излучения (уменьшается до половины за четыре дня). Когда жидкость помещают в колбу, открытую для доступа воздуха, она очень быстро теряет свою активность, и эманация распространяется в окружающий воздух.

Изменения активности растворов солей радия и твердых солей радия.— Когда раствор соли радия подвергается воздействию воздуха помещения в открытом сосуде, он становится почти неактивным. Раствор испускает излучение, которое распространяется по помещению и вызывает индуцированную радиоактивность стен. Таким образом, излучение радия выводится наружу. Если раствор поместить в герметичную пробирку, его активность постепенно

возрастает и стремится к предельному значению, которое достигается только через несколько месяцев. Несомненно, излучение, производимое радием, накапливается в трубке до тех пор, пока скорость ее самопроизвольного разрушения не уравнивается поступлением радия.

Мы видели, что свежеприготовленная соль радия обладает активностью, которая со временем возрастает и становится примерно в пять раз выше первоначальной. По-видимому, эманация, испускаемая радием, лишь с трудом может выйти из твердой соли, и что она накапливается там и сразу же преобразуется в индуцированное излучение. Равновесие устанавливается, когда спонтанные потери становятся достаточными для компенсации производства.

Когда твердую соль радия нагревают до красноты, все эманации, которые она накопила, выходят наружу. Когда температура соли возвращается к комнатной, она излучает лучи Беккереля в гораздо меньшей степени. Однако излучение постепенно восстанавливает свое первоначальное значение, которое достигается через один или два месяца. Соль, нагретая до красноты, больше не обладает способностью испускать эманацию, но это свойство можно восстановить, растворив ее и высушив при слегка повышенной температуре.

Распространение эманации радия.—Мы с Данном изучали закон распространения эманации радия. Большой стеклянный резервуар, заполненный возбужденным воздухом, сообщается с атмосферой с помощью капиллярной трубки. Излучение Беккереля, испускаемое стенками резервуара, измеряется как функция времени, и из этого выводится закон выхода излучения через капиллярную трубку. Обнаружено, что скорость выхода излучения пропорциональна его количеству в резервуаре. Она изменяется пропорционально поперечному сечению капиллярной трубки и обратно пропорциональна ее длине. Эти законы те же, что и для газа, смешанного с воздухом при тех же условиях. Коэффициент диффузии излучения в воздух равен 0,100 при 10°. Таким образом, этот коэффициент имеет тот же порядок величины, что и коэффициент диффузии углекислого газа в воздух, который равен 0,15 при той же температуре.

Радиоактивность, индуцируемая торием, и эманация тория.—Торий испускает эманацию и вызывает явления индуцированной радиоактивности. Эти свойства стали предметом многочисленных исследований Резерфорда. В остальном действие тория значительно менее интенсивно, чем у радия.

Эманация тория исчезает самопроизвольно в соответствии с простым экспоненциальным законом, но ее исчезновение происходит гораздо быстрее, чем эманация радия. Количество излучения тория уменьшается наполовину примерно за одну минуту и десять секунд, в то время как в случае радия количество уменьшается наполовину за четыре дня. Это значительное различие приводит к глубокому различию в аспекте явлений.

В замкнутом пространстве не слишком больших размеров излучение радия распространяется почти равномерно во все части. Но при тех же условиях обнаружено, что излучение тория накапливается вблизи тория, потому что оно самопроизвольно исчезает, прежде чем успевает рассеяться на сколько-нибудь значительное расстояние в воздухе.

Излучательную активность вещества можно измерить, поместив его на нижнюю пластину конденсатора, состоящего из двух горизонтальных пластин, и измерив проводимость, передаваемую воздуху между пластинами. Если это измерение произвести с использованием оксида тория, то обнаружится, что проводимость воздуха значительно снижается, когда между пластинами пропускается воздушный поток. Оксид тория действительно испускает эманацию,

которая накапливается на веществе и своим излучением способствует ионизации воздуха между пластинами. Поток воздуха уносит излучение так же быстро, как оно высвобождается, и единственное, что остается для ионизации, - это излучение Беккереля, исходящее непосредственно от тория.

Если повторить тот же эксперимент с солью радия, то окажется, что поток воздуха производит лишь слабый эффект. На уран и полоний, которые не испускают эманации, поток воздуха не оказывает никакого воздействия. Напротив, в случае с актинием действие воздушного потока заключается в подавлении четырех пятых проводимости воздуха. Можно сделать вывод, что для тория, и особенно для актиния, излучение эманации очень важно по сравнению с излучением самого радиоактивного вещества.

Когда кто-либо желает возбудить твердое вещество до насыщения эманацией тория, необходимо заставить эманацию действовать в течение длительного времени, и, следовательно, новые ее запасы должны постоянно доставляться на поверхность тела, которое должно быть возбуждено. Для этого поток воздуха пропускают через раствор ториевой соли, а затем этот поток воздуха, заряженный эманацией, пропускают по телу. Твердое вещество, возбуждаемое излучением тория, самопроизвольно теряет свою активность в соответствии с экспоненциальным законом. Излучение падает до половины каждые одиннадцать часов. Следовательно, вопреки тому, что происходит с эманациями, активность, вызываемая торием при воздействии на твердые вещества, исчезает медленнее, чем активность, вызываемая радием.

Радиоактивность, вызванная актинием и излучением от актиния.—Актиний испускает излучение, которое дает очень интенсивное излучение. Эта эманация исчезает спонтанно с чрезвычайной быстротой и уменьшается наполовину примерно за одну секунду. В воздухе при атмосферном давлении излучение, испускаемое актинием, не может распространяться на расстояние большее, чем 7 или 8 мм от активного вещества, и возбуждает тела только тогда, когда они расположены очень близко к источнику. Напротив, в вакууме диффузия происходит быстро, и тело, расположенное на расстоянии 10 см от актиния, может быть возбуждено. Радиоактивность, индуцируемая актинием на твердых телах, исчезает по экспоненциальному закону. Она уменьшается до половины примерно за тридцать шесть минут.

Концентрация индуцированной радиоактивности на телах, заряженных отрицательно. Резерфорд показал, что тело, подвергнутое воздействию излучения тория, становится намного более активным, когда оно заряжено отрицательно, чем когда оно имеет тот же потенциал, что и окружающие объекты. Напротив, он становился менее возбужденным, когда имел положительный потенциал. То же явление наблюдается в случае возбуждения радием и актинием. Природа этого любопытного явления, как мне кажется, до конца не установлена.

Конденсация излучений радия и тория. Резерфорд и Содди обнаружили, что излучения радия и тория могут конденсироваться при температуре жидкого воздуха. Поток воздуха, заряженный излучением, теряет свои радиоактивные свойства при прохождении через спиральную трубку, погруженную в жидкий воздух. Эманации остаются конденсированными в трубке и могут быть восстановлены до газообразного состояния при ее нагревании. Излучение радия конденсируется при температуре -150° , в то время как излучение тория конденсируется между -100° и -150° . Эксперимент можно провести следующим образом: два стеклянных резервуара,

один большой, а другой маленький, сообщаются друг с другом. Они заполнены газом, возбуждаемым радием. Маленький резервуар погружен в жидкий воздух. Затем большой резервуар быстро становится неактивным, в то время как вся активность концентрируется в маленьком резервуаре. Если затем отсоединить оба резервуара и взять маленький резервуар из жидкого воздуха, то будет видно, что большой резервуар совсем не светится, в то время как маленький резервуар излучает больше света, чем в начале эксперимента. Эксперимент получается очень блестящим, если стенки резервуаров покрыть изнутри фосфоресцирующим сульфидом цинка.

Когда платиновую проволоку, возбуждаемую торием или радием, нагревают до покраснения, она теряет большую часть своей активности. Фанни Кук Гейтс показала, что эта радиоактивность передается холодным твердым частицам, расположенным вблизи проволоки. Она каким-то образом дистиллируется при достаточно высокой температуре, проходя через промежуточную форму газообразного излучения. Таким образом, индуцированная радиоактивность твердых тел была бы аналогична конденсированному излучению.

Активность, вызванная пребыванием в растворе радиоактивной жидкости. Уран X. Торий X.—Некоторые вещества временно возбуждаются, когда они остаются в одном растворе с радиоактивными веществами. Гизель и мадам. Кюри получила активный висмут, растворив одну из его солей в растворе соли радия. Дебьерн также возбудил соль бария в растворе соли актиния. Возбужденная таким образом соль бария представляет определенные аналогии с солью радия и может быть разделена на фракции таким же образом. В результате кристаллизации активный хлорид концентрируется в осажженной соли.

Различными методами химического осаждения была разделена активность урана (Крукс, Содди, Резерфорд и Грир, Дебьерн, Беккерель). Например, хлорид бария добавляют к раствору нитрата уранила, а затем барий осаждают добавлением небольшого количества серной кислоты. Выпавший в осадок сульфат бария после отделения и сушки является радиоактивным. Он унес с собой часть активности урана, поскольку соль урана, когда раствор выпаривают досуха, становится менее активной, чем до того, как ее подвергли этой операции. Но через несколько месяцев сульфат бария теряет свою радиоактивность, в то время как соль урана вновь обрела свои первоначальные свойства. Очевидно, что барий возбуждался при контакте с ураном или что он каким-то особым образом перекрывал часть активности урана (уран X Крукса).

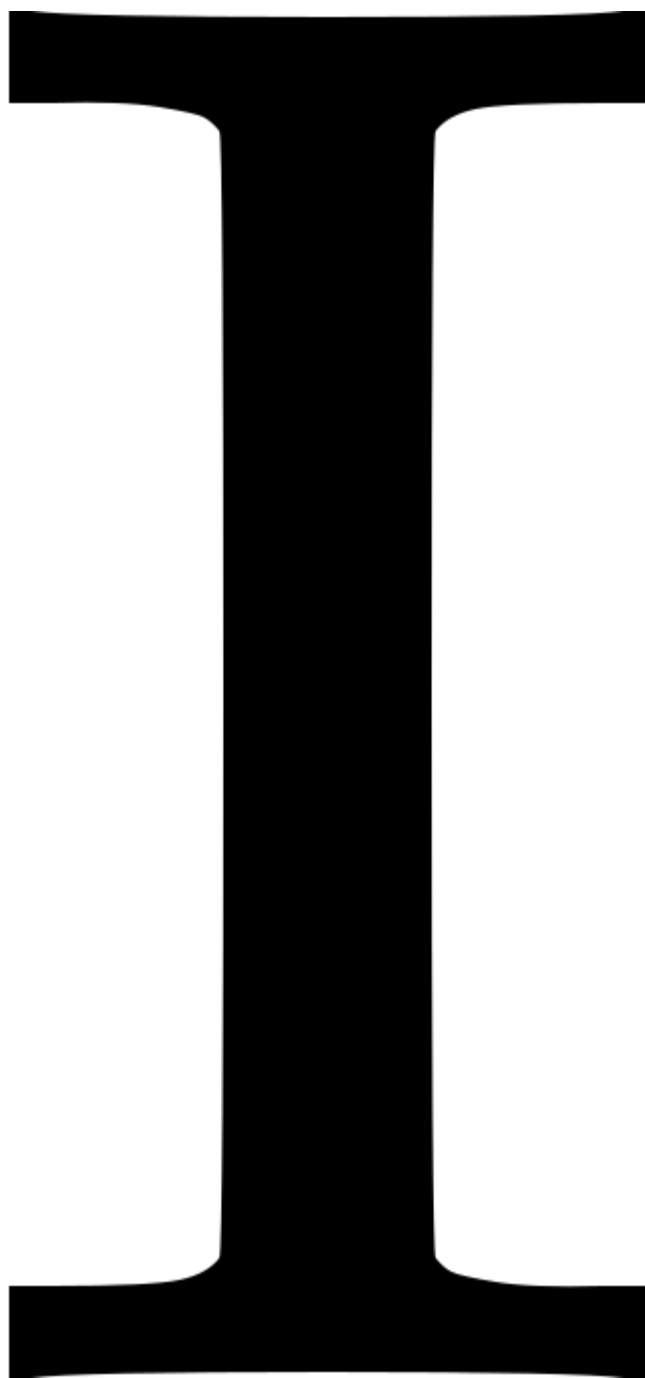
Резерфорд и Содди показали, что если нитрат тория осаждается аммиаком, то осажженный оксид тория менее активен, чем обычный торий. Жидкость, из которой он был выделен, радиоактивна, и при выпаривании ее досуха небольшой остаток становится в 2500 раз активнее тория (они называют радиоактивное вещество в этом остатке торием X). Через несколько недель остаток утратил свою активность, торий X исчез, а выпавший в осадок торий, напротив, восстановил свою нормальную активность. Далее, пока существовал торий X, он испускал эманацию тория в изобилии.

Резерфорд и Содди считают, что уран X и торий X являются просто промежуточными продуктами распада урана и тория. Торий, например, непрерывно производит торий X, который распадается на эманацию тория, которая, в свою очередь, преобразуется в индуцированную активность.

Проводимость атмосферного воздуха. Эманация и индуцированная радиоактивность на поверхности Земли—Эльстер и Гейтель, а также Уилсон показали, что атмосферный воздух проводит электричество в незначительной степени, что он всегда слегка ионизирован. Эта ионизация, по-видимому, вызвана различными причинами. Согласно работе Эльстера и Гейтеля, атмосферный воздух всегда содержит небольшую долю излучения, аналогичного излучаемому радиоактивными веществами. Металлические провода, подвешенные в воздухе и находящиеся под высоким отрицательным потенциалом, становятся активными под воздействием этого излучения. На вершинах высоких гор атмосфера содержит больше эманации, чем на равнинах или на уровне моря. Воздух пещер особенно сильно насыщен эманацией. Воздух, богатый эманацией, также может быть получен путем вдоха с помощью трубки, утопленной в земле, содержащегося в ней воздуха. Воздух, извлекаемый из определенных минеральных вод, содержит эманацию, в то время как воздух, растворенный в морской и речной воде, почти свободен от нее.

Проводимость атмосферы также, вероятно, частично обусловлена очень проникающим излучением, которое пересекает космическое пространство и происхождение которого неизвестно. Наконец, вполне вероятно, что все тела слабо радиоактивны и что те, что находятся на поверхности земли, делают воздух вокруг них проводником электричества.

Постоянные времени, характеризующие исчезновение излучений и индуцированной радиоактивности.—Мы видели, что радиоактивные излучения и индуцированная радиоактивность твердых тел исчезают самопроизвольно, и что закон их исчезновения, в общем, является простым экспоненциальным законом. Интенсивность излучения,

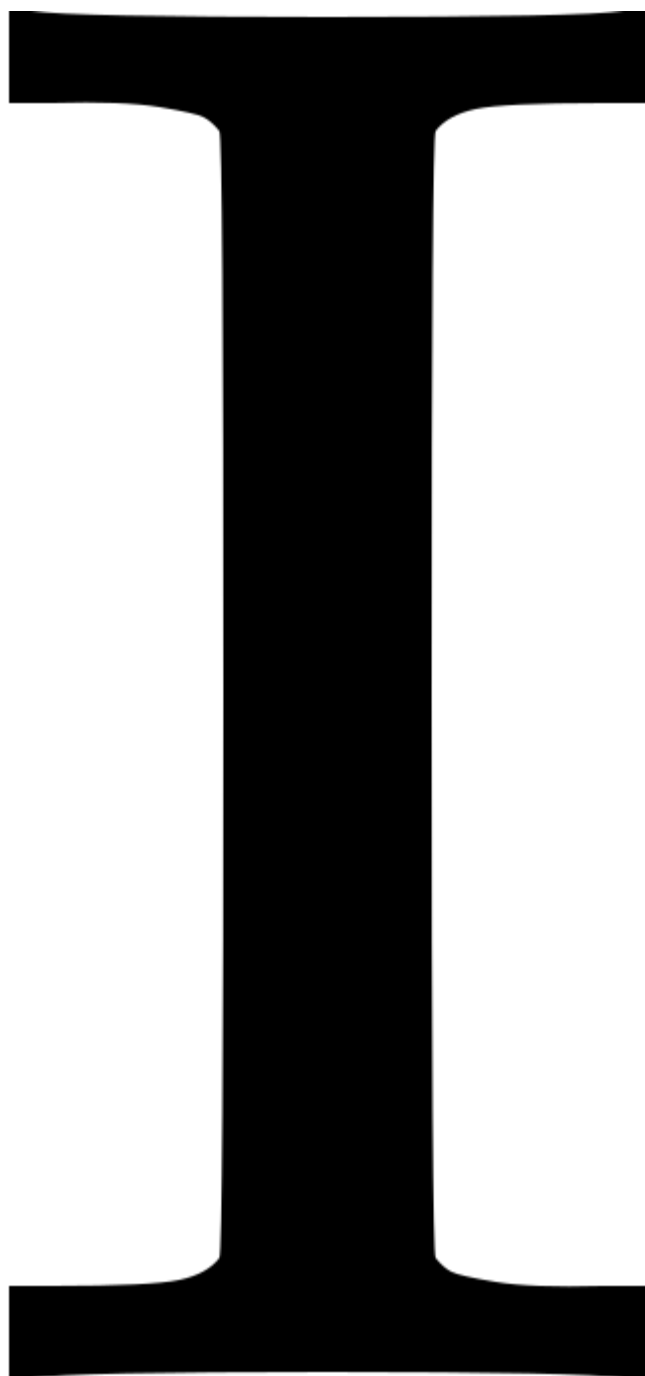


, задается как функция времени,

t

, по формуле,

$$I = I_0 e^{-at}.$$



I_0 - интенсивность начального излучения, и

a

постоянная величина.

Этот экспоненциальный закон полностью определяется знанием постоянной времени, которая может быть, например, обратной по отношению к

a

приведенной выше формуле. Можно также принять за постоянную время, необходимое для уменьшения интенсивности излучения до половины.

Весьма примечательно, что эти постоянные времени кажутся неизменными при самых разных обстоятельствах. Таким образом, излучение радия уменьшается наполовину в течение каждого периода в четыре часа, какими бы ни были условия эксперимента и какова бы ни была температура между -180° и $+450^{\circ}$. Скорость его исчезновения одинакова независимо от того, находится ли излучение в газообразном состоянии (комнатная температура) или в конденсированном (-180°). Свойства излучения радия, таким образом, дают нам неизменный стандарт времени, который не зависит от всех соглашений относительно единицы измерения.

Постоянные времени радиоактивности служат для точной характеристики природы различных радиоактивных энергий.

Ниже приведены периоды времени, необходимые для снижения активности до половины ее значения:

Эманация

радия,

тория,

Эманация

актиния,

индуцированная радиоактивностью

Радий

Торий

Актиний

Таким образом, Дж. Дж. Томсон и Адам недавно обнаружили, что эманация воды из определенных источников уменьшается наполовину за каждый четырехдневный период и что эта эманация вызывает индуцированную активность твердых веществ, которая уменьшается наполовину примерно за сорок минут. Предполагается, что эманация, содержащаяся в воде, происходит из-за радия.

Обычный торий, извлеченный из монацитового песка, слабо радиоактивен. Торий из смоляной обманки сильно радиоактивен (торий с актинием Дебьерна). Радиоактивность в обоих случаях обусловлена не одним и тем же веществом, поскольку постоянные времени излучения и радиоактивности различны.

Некоторые радиоактивные вещества, такие как актиний, никогда не выделялись в чистом виде, и можно предположить, что те самые активные вещества, которые были изучены, содержат лишь их следы. Химические реакции веществ не могут быть распознаны с уверенностью, когда они находятся исключительно в разбавленном состоянии, смешанные с другими веществами. При таких обстоятельствах один элемент может уносить с собой другой в виде осадков, и действие реагента не такое, как при наличии чистых соединений. Следовательно, химические реакции не будут служить характеристикой радиоактивного вещества. Однако его можно распознать при любых обстоятельствах по постоянным времени испускаемого им излучения и индуцированной радиоактивности, воздействующей этим излучением на твердые тела.

Природа Эманации.— Согласно Резерфорду, эманация радиоактивного вещества - это радиоактивный материальный газ, который выходит из него. Фактически, излучение радия во многих отношениях действует подобно газу.

Когда мы соединяем два стеклянных резервуара, один из которых содержит эманацию, а другой - нет, эманация диффундирует во второй, и, когда устанавливается равновесие, обнаруживается, что эманация распределяется между двумя резервуарами в соответствии с их соответствующими объемами. Один из двух резервуаров может быть нагрет до 350 °, в то время как другой остается комнатной температуры, и обнаружено, что и в этом случае эманация распределяется между двумя резервуарами, как если бы это был совершенный газ, подчиняющийся законам Марриотта и Гей-Люссака.

Мы также видели, что излучение радия диффундирует в воздух в соответствии с законом диффузии газов и с коэффициентом диффузии, сравнимым с коэффициентом диффузии углекислого газа. Наконец, излучения радия и тория конденсируются при низких температурах подобно сжижаемым газам.

В то же время следует помнить, что никто еще не наблюдал никакого давления, вызванного излучением, и никто не показал путем взвешивания, что присутствует материальный газ. Все наши знания о свойствах излучения являются результатом измерений радиоактивности. Более того, никто еще не доказал с уверенностью, что существует характерный спектр, производимый этим излучением.

Излучение также не следует рассматривать как обычный материальный газ, поскольку оно самопроизвольно исчезает из содержащей его герметичной трубки, и скорость его исчезновения абсолютно не зависит от условий эксперимента, особенно от температуры.

Очень любопытно, что многочисленные попытки, предпринятые в самых разнообразных условиях для проведения химических реакций с эманацией, оказались бесплодными. Чтобы объяснить этот факт, Резерфорд считает, что эманации представляют собой газы семейства аргона.

Следующие факты трудно объяснить. Излучение радия конденсируется при температуре -150° , и, согласно Резерфорду, поток воздуха при температуре -153° может проходить над ним непрерывно, не удаляя его. Количество излучения должно быть очень небольшим, и если бы оно имело малейшее напряжение при температуре -153° , то быстро испарилось бы в потоке воздуха. Кроме того, температура конденсации при охлаждении должна зависеть от количества излучения в данном объеме воздуха, что еще не доказано.

Мы с Дебьерном обнаружили, что эманация с чрезвычайной легкостью проходит через мельчайшие отверстия и трещины в твердых телах, в то время как при тех же условиях обычные газы могли циркулировать лишь с величайшей медлительностью.

Резерфорд предполагает, что радий разрушает сам себя спонтанно и что эманация является одним из продуктов распада. Дебьерн и я наблюдали, что твердая соль радия довольно быстро возбуждает стенки резервуара, наполненного воздухом, в котором она содержится, за счет испускаемого ею излучения. Напротив, если в резервуаре создать совершенно совершенное разрежение, возбуждение происходит лишь крайне медленно; но оно быстро появляется снова, когда был допущен газ. Однако эманация распространяется гораздо быстрее в газе при очень низком давлении, чем при атмосферном. Из этого следует, что эманация испытывает некоторые особые трудности при выходе из радия, находящегося в вакууме.

Выделение газа солями радия. Получение гелия.—Гизель заметил, что растворы бромистого радия постоянно выделяют газы. Эти газы представляют собой в основном водород и кислород в том же относительном соотношении, что и в воде, и, следовательно, могут образовываться в результате разложения воды раствора. Но Рамзи и Содди также показали, что в трубке Гейслера всегда присутствует небольшое количество гелия, которое они определили по его спектру. Линии гелия также сопровождалась тремя неизвестными линиями.

Твердая соль радия также постоянно выделяет газы, способные создавать давление в закрытой трубке. К этому выделению газа можно отнести два несчастных случая во время моих экспериментов. Герметичная колба из тонкого стекла, почти заполненная хорошо высушенным бромидом радия, взорвалась и при этом слегка нагрелась. Взрыв был также вызван сухим хлоридом радия при довольно быстром нагревании в вакууме до 300° . В данном случае взрыв, по-видимому, был вызван фрагментами твердой соли, заполненными закупоренным газом.

В тот момент, когда мы растворяем в воде твердую соль радия, которая готовилась долгое время, происходит обильное выделение газа.

Самопроизвольное образование гелия в герметичной пробирке, содержащей радий, очевидно, является новым фактом фундаментальной важности. Рамзи и Содди собрали часть излучения радия и поместили его в трубку Гейслера при низком давлении. Они получили новые линии, которые приписали излучению, и они также показали, что спектр гелия сначала отсутствовал, но что он мало-помалу появлялся в трубке. Согласно этому, гелий должен быть одним из продуктов распада радия.

В поддержку предшествующие результаты могут быть указаны некоторые пункты заметила мадам. Кюри и я в начале нашей работы. Мы были поражены одновременным присутствием урана, радия и гелия в одном и том же минерале. Мы взяли 50 килограммов коммерческого хлорида бария, полученного из минералов, не содержащих уран, и подвергли его фракционной кристаллизации, чтобы определить, содержит ли он следы хлорида радия. После длительного фракционирования доля в головке, уменьшенная теперь до нескольких граммов, вовсе не была радиоактивной. Следовательно, барий содержит радий только в том случае, если он получен из минералов урана. Это те же самые вещества, которые содержат гелий. Можно подумать, что существует причинно-следственная связь из-за одновременного появления этих трех веществ.

Это краткое изложение исследований радиоактивности служит для того, чтобы показать важность научного движения, начатого изучением этого явления. Полученные результаты по своей природе модифицируют представления о неизменности атома, сохранении вещества и энергии, природе массы тел и распространении энергии в пространстве. Таким образом, в дискуссию включаются самые фундаментальные вопросы науки. Помимо теоретического интереса, объектом которого они являются, явления радиоактивности предоставляют физику, химику, физиологу и врачу новые средства действия.

БИБЛИОГРАФИЯ.

Излучение от Урана. —Беккерель: Сборник, изд., 1896-7, разные примечания; Мадам. Кюри: Там же., апрель 1898 г.; Резерфорд: Phil. Mag., 47, 109 (1899).

Радиоактивные минералы.—Мадам Кюри. Сост. ранд., апрель 1898 г.

Излучение тория. —Шмидт: Вид. Ann., 65, 141; Мме. Кюри: Компт. ранд., апрель 1898 г.; Резерфорд: Филол. журнал, 47, 109 (1899); Оуэнс: Там же., октябрь 1899 г.

Излучение полония.—П. Кюри и мадам Кюри. Кюри: Сост. встреча, 18 июля 1898 г.; Мадам Кюри: преподобный генерал наук, 30 января 1899 г.; Мадам Кюри: Комп. встреча, 8 января 1900 года. Thèse de doctorat, June, 1903; Becquerel; Compt. ренд., 129, 1230; 130, 979, 1154; Мерквальд: Бер. д. хим. Гес., июнь и декабрь 1902 г.; Беккерель; Сост. ранд., 27 апреля 1903 г. (α-лучи) и 16 февраля 1903 г.

Радий.—П. Кюри, мадам. Кюри и Бемон: Сост. встреча, 26 декабря 1898г.

Атомный вес радия. —Мадам Кюри. Сост. rend., Nov. 13, 1899, Aug., 1900, July 21, 1902; Thèse de doctorat, 1903; Phys. Ztschr., 1903, p. 456.

Спектр радия. — Описание: Сост. ранд., декабрь 1898, ноябрь 1899, июль 1900; Гизель: физ. Ztschr., 15 сентября 1902 г.; Рунге и Прехт: *Там же.*, 4, 285 (1903).

Излучение радия. —М. и мадам. Кюри: Сост. rend., ноябрь 1899 г., 8 января 1900 г., стр. 73 и 76, 5 марта 1900 г. (электрический заряд лучей), 17 февраля 1902 г. (проводимость жидкостей под воздействием лучей); Беккерель: *Там же.*, 4, 11 и 26 декабря 1899 г., 29 января, 12 февраля, 9 и 30 апреля 1900 г.; Гизель: Вид. Ann., 69, 91, 834; S. Meyer and V. Schweidler: Acad. de Vienne, Nov. 3 and 9, Dec. 7, 1899; Kaufmann: Nachrichten der K. Ges. Wiss. Göttingen, 1901, Heft 2; Rutherford: Phil. Mag., 4, 1 (1902).

α-лучи радия.—Резерфорд: Phil. Mag., февраль 1903; Беккерель: Комп. ранд., 26 января, 16 февраля, июнь 1903 г.; Де Кудр: физ. Ztschr., 1 июня 1903 г.; Крукс: (spinharscope) Химия. Новости, 3 апреля 1903 г.

Тепло, выделяемое радием. —П. Кюри и Лаборд: Сост. ранд., 16 марта 1903 г.; П. Кюри: Рой. Инст. 19 июня 1903 г.

Актиний. —Дебьерн: Сост. свидание, 16 октября 1899 г., 2 апреля, 30 июля 1900 г.; 16 февраля и 16 марта 1903 г.

Радиоактивный свинец. —Гизель: Бер. д. хим.н. Ges., 34, 3779 (1901); Гофман и Штраус: *Там же.*, 33, 3126 (1900).

Радиоактивность всех веществ. Стратт: Фил. Пер., 1901; Филол. маг., июнь 1903; Макленнан и Бертон: *там же.*, июнь 1903; Лестер Кук: *там же.*, октябрь 1903.

Индукцированная радиоактивность и эманация радия.—П. Кюри и М. Кюри: Сост. ранд., 6 ноября 1899 г.; П. Кюри и Дебьерн: *Там же.*, 1901 (5 примечаний); П. Кюри: *там же.*, 17 ноября 1902 г., 26 января 1903 г.; П. Кюри и Дж. Данн: *там же.*, 9 февраля и 2 июня 1903 г.; Дорн: Воздержись. Naturforsch. Гэс. Галле, июнь 1900 г.; Резерфорд: физика. Ztschr., 20 апреля 1901, 15 февраля 1902; Резерфорд и мисс Брукс: Химия. Новости, 25 апреля 1902 г.; Резерфорд и Содди: J. Chem. Soc. (Лондон), апрель 1902 г.; Резерфорд: Phys. Ztschr., 15 марта 1902, Phil. Mag., ноябрь 1902, январь 1903; Резерфорд и Содди: (конденсация эманаций) J. Chem. Soc. (Лондон), 19 ноября 1902г. Филологический журнал, май 1903 г.

Индукцированная радиоактивность и эманация тория.—Резерфорд: филол. маг., январь и февраль, 1900; Физ. Ztschr., 20 апреля 1901 г.; Резерфорд и Содди: J. Chem. Soc. (Лондон), апрель 1902 г.; Phil. Mag., 1902, стр. 370, 569; Резерфорд: Phys. ЗТЦР., 15 февраля, 15 марта 1902 г., Филол. маг., ноябрь 1902 г., январь 1903 г.

Радиоактивность и ионизация атмосферы и родниковой воды.—Эльстер и Гейтель: физика. Ztschr., 1900, 1901; Уилсон: Труды Роя. Соч. (Лондон), 1901; Резерфорд и Аллен: Phil. Mag., 24 декабря 1902; Эльстер и Гейтель: Phys. Ztschr., 15 сентября 1902 г.; Макленнан: Phil. Mag., 5, 419; Макленнан и Бертон: *там же.*, июнь 1903 г.; Саакс: Phys. Ztschr., 1903; Лестер Кук: Phil. Mag., октябрь 1903; Дж. Дж. Томсон: Проведение электричества через газы, Кембридж, 1903.

Газы, выделяемые радием. —Гизель: Бер. д. хим.н. Ges., 36, 347 (1903); Рамзи и Содди: Физика. Ztschr., Sept. 15, 1903.

Физиологические эффекты лучей Беккереля. Действие на эпидермис.—Walksoft: Фото. Рундшау, октябрь 1900 г.; Гизель: Бер. д. хим. н. Гес., 33; Беккерель и Кюри: Комп. rend., 132, 1289. *Действие на глаза.*—Гизель: Naturforscherversammlung, 1899; Химштедт и Нагель: Энн. Физика, 4, 1901.

Физиологическое действие.—Ашкинас и Каспари: Энн. Phys., 6, 570 (1901); Даниш: Комп. ранд., 16 февраля 1903 г.; Бон: *Там же.*, 27 апреля и 4 мая 1903 г. *Лечение волчанки.* Данло: Общество дерматологии, 7 ноября 1901 г.; Халлопо и Гадо: *там же.*, 3 июля 1902 г.; Бландамур: диссертация, медицинский факультет Парижа, 1902.

ПРИМЕЧАНИЕ ПЕРЕПИСЧИКА

Изображение на обложке было создано автором и размещено в общественном достоянии.